



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
de Colombia  
Vigilada Mineducación

COMPARACIÓN ENTRE EL DISEÑO DE LA RED DE EXTINCIÓN DE INCENDIO  
DEL EDIFICIO L7-86 EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ; USANDO TUBERÍA EN  
ACERO VS TUBERÍA CPVC BLAZEMASTER.

DANIEL HERNANDO HERNÁNDEZ GÓMEZ  
EDUAR JOVAN MENDOZA ACEVEDO

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN RECURSOS HÍDRICOS  
BOGOTÁ D.C  
2021

COMPARACIÓN ENTRE EL DISEÑO DE LA RED DE EXTINCIÓN DE INCENDIO  
DEL EDIFICIO L7-86 EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ; USANDO TUBERÍA EN  
ACERO VS TUBERÍA BLAZEMASTER.

DANIEL HERNANDO HERNÁNDEZ GÓMEZ  
EDUAR JOVAN MENDOZA ACEVEDO

Trabajo de grado presentado para optar al título de Especialista en Recursos  
Hídricos.

DIRECTOR  
DIEGO PULGARÍN  
Ingeniero Civil

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN RECURSOS HÍDRICOS  
BOGOTÁ D.C  
2021



## Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0)

This is a human-readable summary of (and not a substitute for) the license. [Advertencia.](#)

### Usted es libre de:

**Compartir** — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato

**Adaptar** — remezclar, transformar y construir a partir del material para cualquier propósito, incluso comercialmente.

La licenciente no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia



### Bajo los siguientes términos:



**Atribución** — Usted debe dar crédito de manera adecuada, brindar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciente.

**No hay restricciones adicionales** — No puede aplicar términos legales ni medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier uso permitido por la licencia.

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN .....	7
1. GENERALIDADES .....	9
1.1 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN.....	9
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	9
1.3 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA .....	11
1.4 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN .....	14
1.5 VARIABLES DEL PROBLEMA .....	14
2. JUSTIFICACIÓN.....	15
3. OBJETIVOS.....	17
3.1 OBJETIVO GENERAL .....	17
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
4. MARCOS DE REFERENCIA .....	18
4.1 MARCO CONCEPTUAL .....	18
4.2 MARCO TEÓRICO .....	21
4.3 MARCO JURÍDICO.....	29
4.4 MARCO GEOGRÁFICO .....	32
5. METODOLOGÍA .....	40
5.1 FASES DEL TRABAJO DE GRADO.....	40
5.2 INSTRUMENTOS O HERRAMIENTAS UTILIZADAS .....	41
5.3 ALCANCES Y LIMITACIONES .....	42
6. RESULTADOS OBTENIDOS.....	43
6.1 DISEÑO HIDRÁULICO .....	43
6.2 PRESUPUESTO DE LAS REDES.....	72
6.3 CONSIDERACIONES AMBIENTALES .....	83
7. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	87
7.1 ANÁLISIS DE LOS DISEÑOS HIDRÁULICOS .....	87
7.2 ANÁLISIS DE PRESUPUESTO .....	89
7.3 ANÁLISIS AMBIENTAL .....	89
7.4 ANÁLISIS COMPARATIVO FINAL .....	89
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	92
BIBLIOGRAFÍA.....	94

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Propiedades físicas y térmicas de la tubería CPVC.....	22
Tabla 2. Valores del coeficiente C de Hazen Williams. ....	25
Tabla 3. Requisito de abastecimiento de agua para sistemas de rociadores por tablas de cálculo. ....	27
Tabla 4. Requisitos abastecimiento de agua para chorros de mangueras. ....	27
Tabla 5. Condiciones ambientales zona edificio L7-86. ....	32
Tabla 6. Pisos y número de apartamentos edificio L7-86 ....	33
Tabla 7. Metodología del proyecto.....	40
Tabla 8. Clasificación de ocupaciones según NSR-10 ....	43
Tabla 9. Clasificación de ocupaciones según NFPA-13 ....	49
Tabla 10. Requerimientos hidráulicos nominales para el edificio L7-86 ....	52
Tabla 11. Identificación Factores de Descarga K según NFPA 13 ....	56
Tabla 12. Rangos de Temperatura, Clasificaciones y Código de Color según NFPA 13.....	57
Tabla 13. Longitudes Equivalentes de Válvulas y Accesorios según Normativa NFPA .....	60
Tabla 14. Resultados tramos de tubería edificio L7-86 – sótano 3 red acero .....	63
Tabla 15. Resultados nodos de descarga edificio L7-86 – sótano 3 red acero.....	64
Tabla 16. Resultados tramos de tubería edificio L7-86 – piso 13 red acero .....	65
Tabla 17. Resultados nodos de descarga edificio L7-86 – piso 13 red acero.....	66
Tabla 18. Resultados tramos de tubería edificio L7-86 – sótano 3 red CPVC .....	68
Tabla 19. Resultados tramos de tubería edificio L7-86 – sótano 3 red CPVC .....	69
Tabla 20. Resultados tramos de tubería edificio L7-86 – piso 13 red CPVC .....	70
Tabla 21. Resultados nodos de descarga edificio L7-86 – piso 13 red CPVC.....	71
Tabla 22. Presupuesto para la construcción de la red contraincendio del edificio L7-86 en acero al carbón. ....	72
Tabla 23. Presupuesto para la construcción de la red contraincendio del edificio L7-86 en CPVC.....	78
Tabla 24. Comparación desde la variable de diseño hidráulico entre las tuberías de acero y CPVC para el edificio L7-86- red contraincendio .....	87
Tabla 25. Calificación y comparación final de las variables a tener en cuenta para la construcción e instalación de la red contraincendio del edificio L7-86- en CPVC y acero .....	90

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Curva de bomba seleccionada edificio L7-86 .....	61
Figura 2. Distribución espacial de la red en el sótano 3 – edificio L7-86 red acero	62
Figura 3. Distribución espacial de la red en el piso 13 – edificio L7-86 red acero	65
Figura 4. Distribución espacial de la red en el sótano 3– edificio L7-86 red CPVC	67
Figura 5. Distribución espacial de la red en el piso 13 – edificio L7-86 red CPVC	70

## LISTA DE IMAGENES

	Pág.
Imagen 1. Piso 1 .....	34
Imagen 2. Sótano 1.....	35
Imagen 3. Sótano 2.....	35
Imagen 4. Sótano 3 .....	36
Imagen 5. Proceso productivo del PVC .....	84
Imagen 6. Proceso productivo del acero.....	85

## INTRODUCCIÓN

Combatir un conato de incendio en el menor tiempo posible, es una necesidad que poco a poco se ha venido desarrollando e incorporando en las estructuras construidas a nivel mundial.

Es así como nace la necesidad de crear una ingeniería en protección contra incendios (PCI), que se encarga de aplicar los principios de la ciencia y la ingeniería a la protección de personas, bienes y medio ambiente a los efectos destructivos del fuego.

Como parte de la aplicación de la protección contra incendios encontramos el desarrollo de las siguientes áreas del conocimiento: dinámica de incendios, mecánica de fluidos, termodinámica, comportamiento de materiales expuestos al fuego, protección contra incendios activa, evacuación de personas, comportamiento ante el fuego de las personas y diseño de estructuras y distribución de interiores.

Gracias a los estudios desarrollados en las últimas décadas, se han logrado compilar una serie de normatividades internacionales que definen el tipo de sistema a usar de acuerdo con algunas características de las estructuras como usos, riesgos, almacenamientos, etc.

Todos aquellos avances se deben a las entidades internacionales como la NFPA, ASHRAE, INTERNATIONAL CODE COUNCIL y la SFPE; que se han preocupado por ser entes de control y normativos ante los sistemas de incendio. Desafortunadamente, en nuestro país no existe aún una entidad clara que se encargue de controlar la calidad de instalación de las redes de contraincendios a nivel nacional.



Nuestro país ha ido avanzando en la implementación de estos sistemas en las nuevas estructuras, a tal punto de generar dos nuevos capítulos en la NSR-10 que obligan a proteger una estructura en la extinción de incendios.

Cabe destacar que no sólo hemos avanzado en la implementación de los sistemas contraincendios en la normatividad actual; sino que se han ido implementando nuevas tecnologías en el desarrollo de las redes, como lo es la tubería Blazemaster, cuyo uso y eficiencia estudiaremos en este trabajo; que tiene como fin compararla con la tecnología tradicional (acero carbón).

Dentro de los resultados obtenidos se encuentra la recomendación de la construcción e instalación de la red contraincendio del edificio L7-86 en acero al carbón, teniendo presente que a partir del análisis comparativo multivariable realizado, ésta es más favorable con relación al CPVC, el cual, aunque es una nueva tecnología en el mercado y como ventaja hidráulica aporta unas menores pérdidas asociado a su coeficiente de rugosidad; a su vez es más costosa y genera un mayor impacto ambiental.

## **1. GENERALIDADES**

### **1.1 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

Gestión y tecnología para la sustentabilidad de las comunidades.

### **1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En nuestro país se han generado un sin número de incendios que han dejado como consecuencia grandes pérdidas humanas y económicas. Es por lo que con la implementación de los capítulos K y F en la NSR-10, se obliga a contar con un sistema de extinción de incendios en las estructuras nuevas.

El Edificio L7-86, estructura de estudio en el presente trabajo, se considera de gran altura, es decir que de acuerdo con la definición de la NFPA: “Un edificio donde el piso de una planta ocupable está más de 23 metros por encima del nivel más bajo de acceso para el vehículo de bomberos”<sup>1</sup>, es por ello que se debe contar con un sistema de extinción de incendios de cobertura total, un sistema basado en mangueras, toma de bomberos y rociadores automáticos.

Los sistemas de extinción de incendios son de vital importancia para garantizar la seguridad del edificio, es por eso por lo que se debe optar por el uso del material más idóneo, fiable y duradero que cumpla con todos los requerimientos normativos y garantice una fácil tarea de mantenimiento de estos sistemas.

Por lo general, las redes contraincendios del país suelen construirse en acero al carbón debido a su facilidad comercial. Sin embargo, hace algunos años llego al país una tecnología en CPVC que se ha ido implementando en el marco

---

<sup>1</sup> NFPA 14. National Fire Protection Association. Standard for the installation of standpipe and hose systems. 2019.

internacional, especialmente en los Estados Unidos.

El acero al carbón es un material rígido que se instala mediante un sistema mecánico de acoples ranurados; gracias a sus propiedades físicas y su alta resistencia al fuego es ideal para su uso en redes contraincendio, además de contar con una alta demanda en el mercado. Sin embargo, al tratarse de un material en acero carbón, que presenta problemas al oxido y la corrosión; no puede ser utilizado para tuberías enterradas y en caso tal que llegase a usarse, se requiere de la construcción de un cárcamo de protección que aumentaría los costos del proyecto de forma significativa. Además, este tipo de tubería cuenta con un alto coeficiente de rugosidad, lo que hace que se requieran tuberías con un diámetro mayor con respecto a otro tipo de material como PVC.

Por otro lado, las tuberías CPVC Blazemaster son instaladas mediante el uso de soldaduras líquidas y acoples roscados en la salida de rociadores y toma de bomberos. Debido a sus propiedades físicas y resistencia al fuego, permite ser usada en sistemas de extinción de incendio, y gracias a su bajo peso mejora los tiempos de instalación y de rendimiento, comparados con los de un sistema de acero. Adicional a lo anterior, al tratarse de un material en PVC, cuenta con un mejor coeficiente de rugosidad, lo que hace que los diámetros usados sean considerablemente menores con respecto a los usados con otro tipo de material.

Sin embargo, este tipo de sistemas sólo pueden ser usados para riesgos ordinarios y ligeros. Y en el país aún son muy pocos los proveedores que cuentan con un alto stock de material.

En este trabajo se realizará un comparativo entre las dos tecnologías, con el fin de identificar si pueden ser usadas en cualquier tipo de riesgo, su modelación hidráulica en términos de presiones, tamaños de tuberías y cálculo de equipos de bombeo; al igual que temas constructivos como rendimientos de instalación.

Se determinará la eficiencia de esta nueva tecnología como posible solución a las redes de extinción de incendios para este tipo de Edificaciones.

### **1.3 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA**

Nuestro país desafortunadamente no ha sido ajeno a las tragedias producidas por los incendios en estructuras. A lo largo de la historia ha sido golpeado por este tipo de eventos que han causado tanto pérdidas económicas como humanas.

A continuación, se presentan algunos de los incendios más significativos en nuestro país, su origen y consecuencia.

#### **✓ Galería Arrubla.**

Se genera sobre las 11 de la noche del 20 de mayo de 1900, cuando una sombrerería administrada por un ciudadano alemán de nombre Emilio Streicher es incendiada por él mismo, una vez ya había hecho efectivo un seguro a su favor y otro a favor de la empresa propietaria del negocio.

Como consecuencia quedaron grandes pérdidas al comercio y la administración municipal, pero sin duda la más importante fue la del archivo del Concejo Municipal, donde se guardaban los dos libros donde fueron escritas el Acta del 20 de Julio de 1810.<sup>2</sup>

#### **✓ Incendios en Manizales**

“El primer incendio de grandes proporciones, se presentó el 19 de julio de 1922 a las tres de la mañana, en un depósito de velas de parafina, que funcionaba en la actual calle 20 entre carreras 20 y 21, propiedad del señor Joaquín Gómez Botero, enseguida funcionaban los talleres del diario la patria los cuales fueron

---

<sup>2</sup> Hernández de Alba, Guillermo. La desgraciada suerte del archivo de la ciudad de Bogotá. 1967.

consumidos por el fuego, igualmente la prestigiosa casa alemana. El incendio destruyó toda la manzana, la cual en esa época estaba ubicada entre las calles 14 y 15 y las carreras 10 y 11. Como consecuencia, el gobierno contrató la asesoría de los capitanes Juan Antonio Guizado y Ernesto Arozemena, traídos de la ciudad de Panamá, para crear el Cuerpo de Bomberos, siendo instalado oficialmente por el decreto 023 del 1 de noviembre de 1925. La ciudad también tuvo que ser remodelada, muchos edificios históricos se perdieron en estos incendios”.<sup>3</sup>

#### ✓ Almacén Vida.

Se generó el 16 de diciembre de 1958, donde un fuego de origen accidental produce la muerte por intoxicación de 88 personas, y según los dueños del almacén pérdidas económicas por alrededor de medio millón de pesos de la época.<sup>4</sup>

Pero sin lugar a duda uno de los incendios más recordados en la ciudad de Bogotá, y que al igual que el Edificio L7-86 en estudio, se considera de gran altura; es el incendio que se generó en el edificio de Avianca.

#### ✓ Edificio Avianca.

“El 23 de julio de 1973, en el piso 14 de la torre de Avianca en el Centro de Bogotá, comenzó un incendio cuyas causas se atribuyen a un descuido en una de las bodegas del edificio que contenía tapetes, líquidos y otros materiales inflamables.

Para esa época, este imponente edificio de 42 pisos era no solo una de las piezas arquitectónicas más altas del país, sino el más alto de Suramérica.

---

<sup>3</sup> Alcaldía de Manizales. Mujer y Equidad de Género. Código Postal: 170001. Publicado en los 2020 derechos reservados. Disponible en: <https://manizales.gov.co/historia/>

<sup>4</sup> UNIONPEDIA. Edificio Manuel Murillo Toro. Comunicación. Mapa conceptual. Disponible en. [https://es.unionpedia.org/Edificio\\_Manuel\\_Murillo\\_Toro](https://es.unionpedia.org/Edificio_Manuel_Murillo_Toro)

Fue construido entre 1966 y 1969 en el predio que había correspondido al Hotel Regina, uno de los más aristocráticos que funcionaban en la capital del país y el diseño y ejecución del plano estuvieron a cargo de Esguerra Sáenz, Urdaneta y Cía., Ricaurte Carrizosa Prieto y el italiano Doménico Parma.

Los bomberos lucharon más de 14 horas contra el incendio que llegó hasta el piso no. 37 de la edificación, mientras miles de colombianos asistían a las imágenes del imponente edificio envuelto en llamas. Uno de los más grandes problemas de ese día para controlar el incendio, fue que las mangueras de agua solo alcanzaban hasta el doceavo piso de la construcción, en una de las operaciones más riesgosas sucedidas en el país.

Aquel día fallecieron 4 personas, muchas de ellas en el desespero se lanzaron al vacío y otras 63 quedaron heridas. Muchos de los sobrevivientes fueron rescatados desde el techo por helicópteros de la Fuerza Aérea.”<sup>5</sup>

Estos fueron algunos de los incendios más significativos del país, y a raíz de ello es que se empezaron a implementar los sistemas de extinción de incendios en los nuevos edificios, uno de los cuales será estudiado en este trabajo con el análisis de nuevas tecnologías.

Vale la pena resaltar que, a raíz de estas tragedias, se fueron implementando sistemas de extinción de incendio en las estructuras nuevas y remodeladas de nuestro país, en donde la mayoría utiliza redes presurizadas en acero al carbón. Sin embargo, este tipo de redes han presentado una serie de inconvenientes, en especial en la parte arquitectónica; ya que como se mencionó antes, cuenta con un coeficiente de rugosidad regular que hace que abarque grandes diámetros en aquellas zonas en donde se requiere ganar altura en niveles de cielo raso; es por ello que en este trabajo se pretende analizar una nueva tecnología en CPVC, que

---

<sup>5</sup> Páez Escobar Gustavo. Memoria del fuego. Diario El Espectador. 19 Julio 2003.

gracias a sus condiciones internas lisas puede disminuir tamaño de diámetros, costos y beneficios de alturas libres en los proyectos.

#### **1.4 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

Teniendo en cuenta que el Edificio L7-86 supera los 23 metros por encima del nivel más bajo de acceso del carro de bomberos, lo que hace que requiera de un sistema de extinción de incendio. Es por lo que se desea determinar:

¿Cuáles son las ventajas y desventajas del uso de la tubería de acero carbón y CPVC Blazemaster en un sistema de extinción de incendios, de acuerdo con modelos hidráulicos y factores económicos en el edificio L7-86 en la ciudad de Bogotá?

#### **1.5 VARIABLES DEL PROBLEMA**

Las variables que serán tenidas en cuenta durante el desarrollo del problema serán las siguientes:

- ✓ Material de la red de extinción permitido por la norma de acuerdo con el tipo de riesgo.
- ✓ Coeficiente de rugosidad.
- ✓ Factor económico.
- ✓ Rendimientos constructivos.
- ✓ Eficiencia hidráulica.
- ✓ Normatividad vigente para el diseño de extinción de incendios.

## 2. JUSTIFICACIÓN

Las estadísticas de muertes generadas por incendios en viviendas de uso familiar son aterradoras. Tanto a nivel mundial como nacional, se han vivido tragedias lamentosas por esta problemática.

He ahí la importancia de contar con un sistema de extinción de incendios, que garantice una oportuna reacción ante un conato de incendio. Es importante generar un crecimiento de profesionales en los sistemas de extinción de incendios alrededor de nuestro país, con el fin que cada día existan más edificios y estructuras protegidas que nos ayuden a garantizar la protección de vidas humanas.

Sin embargo, el número de especialistas en redes contraincendio en nuestro país aún parece insuficiente al igual que el nivel de importancia que se les da por algunos constructores a las redes de extinción de incendios; a pesar de que cada día hacemos más rigurosas nuestras normas en las exigencias del uso e instalación de este tipo de sistemas.

La mayor parte de las redes de nuestro país se encuentran construidas en acero al carbón, por su facilidad de obtención en el mercado, además de contar con propiedades físicas y químicas que la hacen apta para ser usadas en este tipo de sistemas. Sin embargo, a pesar de sus altas ventajas, este tipo de tuberías no puede ser usadas en sistemas enterrados por su fácil corrosión; además de contar con un alto índice de coeficiente de rugosidad; lo que ha llevado a pensar en la implementación de nuevas tecnologías como la CPVC Blazemaster, cuyas propiedades físicas y desempeños hidráulicos serán modelados en el presente trabajo.



Con la elaboración de esta investigación se pretende no sólo hacer una comparación entre los dos tipos de materiales sino dar a conocer un sistema que podrá solucionar problemas comúnmente presentados en obra, como lo son temas de presupuesto y espacio necesario para la instalación de las redes de extinción.

Con este trabajo de investigación se pretende optar al título de Especialista en recursos hídricos, con el fin de aplicar los conocimientos adquiridos durante el desarrollo de los módulos del programa.

Con el desarrollo del proyecto, se pretende determinar qué tan eficiente resulta ser la tubería CPVC Blazemaster en la implementación de redes contraincendio con el fin de ampliar el conocimiento de esta nueva tecnología, para que cada día se empiece a aplicar más en los proyectos desarrollados en el país.

Sin embargo, la principal causa de este trabajo será prever por la seguridad de las vidas humanas para que al momento que se generen incendios dentro de una estructura se puedan salvar el mayor número de vidas posibles.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Comparar el diseño de la red de extinción de incendio del edificio I7-86 en la ciudad de Bogotá; usando tubería en acero vs tubería CPVC Blazemaster.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- ✓ Realizar el diseño hidráulico de la red de extinción de incendios para los dos materiales propuestos, teniendo en cuenta los planos arquitectónicos del edificio y la normatividad vigente.
- ✓ Determinar los costos asociados a la construcción de la red de incendios con los dos materiales a utilizar (acero y CPVC Blazemaster) para el edificio objeto de estudio.
- ✓ Definir el impacto ambiental a partir del ciclo de vida de cada uno de los materiales propuestos (acero y CPVC Blazemaster) para la construcción de la red de incendios del edificio I7-86 en Bogotá.
- ✓ Comparar y recomendar el uso de uno de los dos materiales objeto de este estudio, para la construcción de la red de extinción de incendio del edificio I7-86 en la ciudad de Bogotá

## 4. MARCOS DE REFERENCIA

### 4.1 MARCO CONCEPTUAL

A continuación, se presenta la definición de ciertos conceptos empleados durante el desarrollo del trabajo, que es importante tener claros para tener un mejor entendimiento del proyecto. La mayoría de estos conceptos son tomados de la NFPA 13 Y NFPA 14.<sup>6</sup>

- ✓ **Aprobado.** Aceptable para la autoridad competente.
- ✓ **Autoridad Competente (ARJ).** La organización, oficina o individuo responsable de hacer cumplir los requisitos de un código.
- ✓ **Listado.** Equipos, materiales o servicios incluidos en una lista publicada por una organización que es aceptable para la autoridad competente y relacionada con la evaluación de productos o servicios, que mantiene inspecciones periódicas de la producción de los equipos o materiales listados, o evaluaciones periódicas de los servicios, y cuyo listado establece que los equipos, materiales o servicios cumplen con normas apropiadas identificadas, o han sido ensayados y considerados aptos determinado propósito.
- ✓ **Norma.** Un documento, cuyo texto principal contiene solamente disposiciones mandatorias usando la palabra "deberá" para indicar requisitos y que está en un formato generalmente adecuado para referencias mandatorias para su adopción dentro de la ley.
- ✓ **Rociador Automático.** Un dispositivo de supresión o control de incendios que opera automáticamente cuando su elemento termo-activado es calentado hasta o por encima de su clasificación técnica, permitiendo al agua descargarse sobre un área especificada.
- ✓ **Control de Incendios.** Limitar el tamaño de un incendio mediante la

---

<sup>6</sup> NFPA 14. National Fire Protection Association. Standard for the installation of standpipe and hose systems. 2019.

distribución de agua para disminuir la tasa de liberación de calor y pre-humedecer los combustibles adyacentes, mientras se controla la temperatura de los gases en el cielo raso para evitar daños estructurales.

- ✓ **Supresión de Incendios.** Reducir drásticamente la tasa de liberación de calor de un incendio y evitar que se vuelva a hacer, mediante la aplicación de agua en forma directa y suficiente.
- ✓ **Sistema diseñado hidráulicamente.** Sistema de rociadores calculado, en el cual los diámetros de las tuberías son seleccionados en base a la pérdida de presión, para proporcionar una densidad de aplicación de agua prescrita, en galones por minuto por pie cuadrado (mm/min), o una presión mínima de descarga o flujo por rociador prescritos, distribuido con un grado razonable de uniformidad, sobre un área específica.
- ✓ **Sistema de rociadores de tubería húmeda.** Sistema de rociadores que emplea rociadores automáticos conectados a un sistema de tuberías que contiene agua y conectado a un abastecimiento de agua, de tal forma que el agua se descarga inmediatamente desde los rociadores abiertos por el calor de un incendio.
- ✓ **Líneas ramales.** Las tuberías que suplen a los rociadores, ya sea directamente o a través de tuberías montantes.
- ✓ **Ocupaciones de riesgo ligero.** Las ocupaciones de riesgo ligero deberán definirse como las ocupaciones o partes de otras ocupaciones donde la cantidad de combustibilidad de los contenidos es baja, y se esperan incendios con bajos índices de liberación de calor.
- ✓ **Riesgo ordinario (Grupo 1).** Las ocupaciones de riesgo ordinario (Grupo 1) deberán definirse como las ocupaciones o partes de otras ocupaciones donde la combustibilidad es baja, la cantidad de combustibles es moderada, las pilas de almacenamiento de combustibles no superan los 9 pies (2,4 m), y se esperan incendios con un índice de liberación de calor moderado.
- ✓ **Riesgo Ordinario (Grupo 2).** Las ocupaciones de riesgo ordinario (Grupo 2) deberán definirse como las ocupaciones o partes de otras ocupaciones donde

la cantidad y combustibilidad de los contenidos es de moderada a alta, donde las pilas de almacenamiento de contenidos con un índice de liberación de calor moderado no superan los 12 pies (3,66 m), y las pilas de almacenamiento de contenidos con un índice de liberación de calor no superan los 8 pies (2,4 m).

Las siguientes son definiciones tomadas de la NFPA 24, que serán de importancia a la hora de determinar las características de los materiales correctos a usar en las tuberías de la red contraincendios.<sup>7</sup>

- ✓ **Tubería resistente a la corrosión.** Tubería que tiene la propiedad de ser capaz de resistir el deterioro de su superficie o sus propiedades cuando está expuesta a la intemperie.
- ✓ **Material retardante a la corrosión.** Un material de revestimiento o recubrimiento que cuando se aplica a la tubería o a los accesorios tiene la propiedad de reducir o retardar el deterioro de la superficie del objeto o sus propiedades cuando está expuesta a su ambiente.
- ✓ **Conexión del departamento de bomberos.** Conexión a través de la cual el departamento de bomberos puede bombear agua suplementaria en el sistema de rociadores, tomas de agua, u otro sistema; suministrando agua para la extinción de incendios para suplementar los abastecimientos de agua existentes.
- ✓ **Bomba contra incendio:** Bomba que suministra agua al caudal y la presión requeridas por los sistemas de protección contraincendios basados en agua.
- ✓ **Gabinetes de mangueras.** Recinto ubicado sobre o adyacente al hidrante u otro suministro de agua, diseñada para tener las boquillas de mangueras necesarias, llaves de mangueras, y aditamentos necesarios para ser utilizadas conjuntamente en la lucha contra incendios y para brindar ayuda al departamento de bomberos local.

---

<sup>7</sup> NFPA 24. National Fire Protection Association. Standard for the installation of private fire service mains and their appurtenances. 2007.

Con el fin de proteger el mayor número de vidas posibles, la ingeniería de protección de incendios ha desarrollado una serie de normatividades basadas en estudios de incendios ocurridos, y como producto se han obtenido una serie de normas que establecen parámetros para la protección de las estructuras ante un conato de incendio.

Por otro lado, y como parte del ejercicio comparativo objeto de este proyecto, es importante tener presente las siguientes definiciones:

- ✓ **Ciclo de vida:** etapas consecutivas e interrelacionadas de un sistema del producto, desde la adquisición de materia prima o de su generación a partir de recursos naturales hasta la disposición final (NTC-ISO 14040).
- ✓ **Análisis del Ciclo de vida (ACV).** es la “recopilación y evaluación de las entradas, las salidas y los impactos ambientales potenciales de un sistema del producto a través de su ciclo de vida”. (NTC-ISO 14040).
- ✓ **Impacto ambiental:** es la alteración o modificación que causa una acción humana sobre el medio ambiente. Debido a que todas las acciones del hombre repercuten de alguna manera sobre el medio ambiente, un impacto ambiental se diferencia de un simple efecto en el medio ambiente mediante una valoración que permita determinar si la acción efectuada (por ejemplo un proyecto) es capaz de cambiar la calidad ambiental y así justificar la denominación de impacto ambiental.

## 4.2 MARCO TEÓRICO

### TUBERÍA CPVC PARA REDES CONTRA INCENDIO.

La tubería CPVC para redes contra incendio es fabricada por la empresa Durman, procedente de Costa Rica, y se conoce dentro del mercado comercial con el nombre de tubería Blazemaster. Se encuentra constituida con resina de poli (cloruro de Vinilo) Clorado (CPVC).

La tubería Blazemaster, está disponible en las dimensiones comerciales del acero “Iron Pipe Sizes” (IPS) en los diámetros de ¾”, 1”, 1 ½”, 1 ¼”, 2”, 2 ½” y 3, (20, 25, 32, 40, 50 65, 80 mm) con espesor de pared RD-13.5 . Los tubos son comercializados en longitudes de 15 pies o 4.57 mts. La tubería de CPVC. Blazemaster está aprobada para el uso en todas las aplicaciones de bajo riesgo tipo NFPA 13 en edificios públicos.

Los Tubos Blazemaster de Durman, son fabricados utilizando la materia prima que cumple con la norma mexicana NMX-E-031-SCFI. El fabricante de la materia prima es Noveon Inc. (USA) y su clasificación del compuesto de CPVC para tubería es CPVC-4120 y ASTM F442 y para la conexión es CPVC Cedula 40 u 80 ASTM F 437, F438 o F439.<sup>8</sup>

**Tabla 1.** Propiedades físicas y térmicas de la tubería CPVC.

Propiedad	CPVC	ASTM
Gravedad Específica	1.53	D 792
Resistencia a los impactos IZOD (pies libras/pulgadas, con muescas)	3.0	D 256A
Módulo de elasticidad a 73°F, psi	$4.23 \times 10^5$	D 638
Resistencia a la Tracción Máxima, psi	8,000	D 638
Resistencia a la Compresión, psi	9,600	D 695
Coefficiente de Poisson	.35 - .38	-
Tensión de Trabajo a 73°F, psi	2,000	D 1598
Factor C de Hazen Williams	150	-
Coefficiente de Expansión Lineal pulg./(pulg.°F)	$3.4 \times 10^{-5}$	D 696
Conductividad Térmica BTU/hr/pies2°F/pulg.	0.95	C 177
Índice de Límite de Oxígeno	60%	D 2863
Conductividad Eléctrica	No conductor	

Este tipo de tuberías es un sistema nuevo en nuestro país, sin embargo, a nivel internacional ya cuenta con cerca de 30 años de experiencia en la instalación de sistemas contra incendios. Sus mayores ventajas se deben:

- ✓ Se instalan de forma rápida, silenciosa y segura.
- ✓ Son ligeros y duraderos.

<sup>8</sup>BLAZEMASTER. Especificación de los sistemas de protección contra incendios Blazemaster. Derechos Reservados 2021 Lubrizol Advanced Materials, Inc. Disponible en: <https://www.blazemaster.com/es-mx/especificacion>

- ✓ Limitan la generación de humo.
- ✓ Requieren de menos espacio para la instalación.

### **Tipos de construcciones.**

Los sistemas de protección contra incendios en tubería CPVC Blazemaster, llevan más de 30 años de uso a nivel internacional y son comúnmente usados en los siguientes tipos de construcciones, definidos por la NSR-10.

- ✓ Instalaciones comerciales. De acuerdo con lo definido en las normas tratadas con anterioridad, el sistema de rociadores contra incendios CPVC Blazemaster se encuentra listado para instalaciones comerciales que incluyen clubes, establecimientos educativos, edificios de gran altura, hospitales, institucional, biblioteca, museos, geriátricos, oficinas, iglesias, teatros y auditorios.<sup>9</sup>
- ✓ Residencial multifamiliar. Las NFPA y normas colombianas tienen este material listado para viviendas de unidades multifamiliares y de múltiples pisos, hoteles y moteles, apartamentos, condominios y residencias de estudiantes.
- ✓ Viviendas Unifamiliares. En casas de una o dos unidades, casas móviles o prefabricadas.

### **Clasificación de temperatura y presión.**

De acuerdo con la ficha técnica del producto y al manual de instalación del proveedor Durman, se pueden establecer las siguientes características de temperatura y presión, luego de someter el material a distintas pruebas.<sup>10</sup>

Este tipo de tubería, desde los diámetros de 3/4 pulg hasta 3 pulg, se encuentran clasificados para servicio continuo de 175 psi a una temperatura de 65°C; su uso es adecuado en áreas en donde la temperatura ambiente oscile entre 2 a 65 °C.

En áreas donde la temperatura supere los 65 °C, el material puede ser instalado

---

<sup>9</sup> Blazemaster. Protección contra incendios confiables para edificios comerciales. asóciase con los sistemas de protección contra incendios. para salvar vidas y minimizar la pérdida de propiedad. Disponible en: <https://www.blazemaster.com/es-mx/tipos-de-construcciones/instalaciones-comerciales>

<sup>10</sup> DURMAN. Manual de instalación tubería Blazemaster.



siempre y cuando se proporcione un sistema de ventilación, o adhiriendo un aislamiento alrededor de la tubería que le permita mantener un ambiente más fresco. Pero si por el contrario, la tubería se encuentra en temperaturas de congelación debe preverse un sistema de protección contra congelación.

### **Características hidráulicas.**

Es importante definir características hidráulicas del material como Factor C de Hazen y Williams, pérdida de fricción de la tubería, pérdida de fricción de las conexiones; ya que estos serán valores significativos a la hora de realizar el comparativo de la red hidráulica por ambos tipos de material, lo que puede variar diámetros de tuberías y con ello beneficios económicos en el proyecto.

El factor C de Hazen y Williams, es usado para el cálculo y dimensionamiento de los diámetros de las tuberías, para el caso del CPVC Blazemaster el valor es de 150, y se mantiene constante durante toda la vida útil del material.

Los cálculos de pérdida de fricción de la tubería fueron realizados de acuerdo con lo definido en la NFPA 13, sección 23.4; y los resultados serán ampliados en el capítulo de resultados del presente documento.

### **TUBERÍA ACERO PARA REDES CONTRA INCENDIO.**

De acuerdo con lo definido en el capítulo 13.32 de la NFPA 13, se tiene una serie de requisitos que se deben cumplir si se desea instalar una red de extinción de incendio en acero. Para este tipo de tuberías se exige que se cumpla con los siguientes requerimientos:

- ✓ Las tuberías en acero negro con o sin costura deben cumplir los parámetros estipulados en la ASTM A 795.
- ✓ Cuando la tubería en acero es unida en accesorios ranurados (como el que se usará en el edificio L7-86), se debe usar espesor de pared de calibre 10 en diámetros hasta de 4 pulg; calibre 40 hasta espesores de 6 pulg, y calibre 80

para diámetros de 8 a 12 pulg.

- ✓ Cuando la tubería se une a accesorios roscados, debe usarse un calibre 40 capaz de soportar una presión de hasta 300 psi.

Con el fin de hacer el cálculo y dimensionamiento de los diámetros de las tuberías del sistema de rociadores y gabinetes en acero, es importante definir el coeficiente de rugosidad o Factor C, de la fórmula de Hazen Williams, el cual lo obtenemos de la NFPA 13, tabla de 22.4.4.7, Valores C de Hazen Williams:

**Tabla 2.** Valores del coeficiente C de Hazen Williams.

**Tabla 22.4.4.7 Valores C de Hazen-Williams**

<b>Tubería o Tubo</b>	<b>Valor C*</b>
Fundición de hierro o fundición dúctil sin recubrimiento	100
Acero negro (sistemas de tubería seca, incluyendo de Preacción)	100
Acero negro (sistemas de tubería húmeda, incluyendo diluvio)	120
Galvanizada (toda)	120
Plástico (listada), toda	150
Fundición de hierro o fundición dúctil, revestida de cemento	140
Tubo de cobre o acero inoxidable	150
Asbesto cemento	140
Concreto	140

\* Debe permitirse que la autoridad competente considere otros valores de C.

## **DISEÑO DE UNA RED DE EXTINCIÓN DE INCENDIOS.**

Es importante definir el paso a paso que se debe seguir en el diseño de una red de extinción de incendio, y las fórmulas utilizadas en la modelación hidráulica. Por lo que a continuación se presenta la secuencia que se seguirá en la modelación de cada uno de los sistemas a analizar:

### **Definición del riesgo.**

En primer lugar, se debe definir el tipo de riesgo de cada una de las zonas del

edificio L7-86, en los parámetros de riesgo ligero, riesgo ordinario, riesgo extra o riesgo de ocupación especial de acuerdo con lo que define la NFPA 13, en los capítulos 5.2 y 5.5. Para este tipo de edificación encontraremos sólo riesgos ligeros y ordinarios cuyos conceptos fueron definidos en el capítulo 5.2 del presente documento.

### **Cálculo de demanda de agua- Tanque de Almacenamiento.**

Una vez se hayan definido cada uno de los riesgos en cada área del edificio, se procede a realizar el cálculo del tanque de almacenamiento del sistema de la red de extinción de incendios, el cual debe ser independiente y estar disponible al momento de que se presente un conato de incendio. Para este cálculo se requieren realizar dos análisis de demandas de agua, uno para el sistema de rociadores y el otro para el sistema de mangueras; los cuales deben ser sumados al final para obtener un volumen total de almacenamiento.

Para el cálculo de la demanda de agua del sistema de rociadores de riesgo ligero y ordinario se debe tener en cuenta la siguiente tabla obtenida de la NFPA 13<sup>11</sup>, que relaciona una presión mínima requerida, un caudal y un tiempo de duración del abastecimiento.

---

<sup>11</sup> NFPA 13. National Fire Protection Association. Standard for the installation of sprinkler systems. 2019.

**Tabla 3.** Requisito de abastecimiento de agua para sistemas de rociadores por tablas de cálculo.

**Tabla 11.2.2.1 Requisitos de Abastecimiento de Agua para Sistemas de Rociadores por Tablas de Cálculo.**

Clasificación de la Ocupación	Presión Residual Mínima Requerida		Flujo Aceptable en la Base de la tubería vertical (Incluyendo la Asignación para Chorro de Manguera)		Duración (minutos)
	psi	bar	gpm	L/min	
Riesgo Ligero	15	1	500-750	1893-2839	30-60
Riesgo ordinario	20	1,4	850-1500	3218-5678	60-90

Para el cálculo de demanda de agua del sistema de mangueras y tomas fijas se debe tener en cuenta la siguiente tabla obtenida de la NFPA 13, que relaciona una presión mínima requerida, un caudal y un tiempo de duración del abastecimiento.

**Tabla 4.** Requisitos abastecimiento de agua para chorros de mangueras.

**Tabla 11.2.3.1.2 Requisitos para la Asignación de Chorros de Mangueras y de Duración del Abastecimiento de Agua para Sistemas Calculados Hidráulicamente**

Ocupación	Mangueras Interiores		Total combinado de las Mangueras Interiores y Exteriores		Duración (minutos)
	gpm	L/m	gpm	L/m	
Riesgo Ligero	0, 50, ó 100	0, 189, 379	100	379	30
Riesgo ordinario	0, 50, ó 100	0, 189, 379	250	946	60 - 90
Riesgo extra	0, 50, ó 100	0, 189, 379	500	1893	90 - 120

Una vez obtenidos los volúmenes de ambos sistemas, son sumados y el volumen total será el requerido en el tanque de almacenamiento de la red contraincendios.

### **Parámetros de diseño de la red.**

Para el diseño de la red de extinción de incendios basado en un sistema húmedo, se tienen en cuenta como principales propiedades de un fluido la presión, caudal y velocidad del flujo. La presión, entendida como la fuerza ejercida por unidad de área en un punto, y expresada en la bibliografía por lo general como libras por

pulgada cuadrada (psi).

Entendemos que cuando un flujo es sometido a trabajar en un sistema presurizado a través de una tubería, presenta unas pérdidas de energía producto del rozamiento con la pared de la tubería generando una restricción al movimiento, fenómeno que suele conocerse como pérdidas por fricción.

Como se mencionó, las pérdidas por fricción son la pérdida de energía del fluido como consecuencia de la fricción con la tubería. Estas pérdidas varían de acuerdo con el tipo de tubería usada y nos serán de gran utilidad para comparar el comportamiento de las pérdidas en las redes de acero al carbón con respecto a las generadas en el sistema de CPVC Blazemaster.

Adicional a las pérdidas generadas por la fricción con la pared de la tubería, también se generan pérdidas de energía en los accesorios utilizados en el sistema como lo son válvulas, tees, codos, semicodos, entre otros. Las pérdidas generadas en este tipo de accesorios se tomarán como longitudes equivalentes, y también nos servirán como punto de comparación en el modelo hidráulico para cada uno de los sistemas.

Para determinar las pérdidas por fricción se empleará la ecuación formulada por Hazen- Williams y cuya expresión es la siguiente:

$$\Delta P = 6.05 * \left( \frac{Q^{1.85}}{C^{1.85} * d^{4.87}} \right) * 10^5$$

Donde:

$\Delta P$ : Pérdidas por fricción (m).

Q: Caudal (l/m)

L: Longitud de la tubería (ft).

C: Coeficiente de pérdida por fricción.

d: Diámetro interno real de la tubería (m).

A través de esta fórmula y una vez conocido el coeficiente, podemos despejar el diámetro interno con el fin de determinar el tamaño de cada uno de los ramales de la tubería.

### **Cálculo del sistema de bombeo.**

Teniendo en cuenta que la norma establece unos mínimos rangos de presión y caudal para el rociador más lejano en la red y el punto de toma de mangueras se realiza el cálculo del equipo de bombeo necesario para el sistema, teniendo como base las curvas de las bombas certificadas emitidas por cada uno de los proveedores.

Es importante resaltar que todo sistema debe contar con una bomba jockey, que se encarga de mantener presurizado el sistema, y una vez se presente un conato de incendio, entra a trabajar la bomba principal en el sistema.

## **4.3 MARCO JURÍDICO**

Es importante realizar una breve descripción de las principales normas que se deben tener en cuenta a la hora de realizar el diseño de la red contraincendios del Edificio L7-86.

A nivel internacional, quizás unas de las normas más importantes en el diseño y construcción de las redes contraincendios son las desarrolladas por la NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION (NFPA). Vale la pena resaltar, que la NFPA ha desarrollado oficinas regionales en muchas partes del mundo, en donde se eligieron áreas específicas del mundo en las que se han estrechado esfuerzos para incrementar la masa crítica de miembros, y cuyos aportes consolidan día a

día un mejor sistema que proteja el mayor número de vidas humanas.<sup>12</sup>

En esta investigación se hará énfasis en algunas de estas normas en especial la NFPA 13, NFPA 14, NFPA 20 y NFPA 24.

✓ **NFPA 13 (Norma para instalación de sistemas de rociadores).**

En primera instancia encontramos la NFPA 13, Norma para instalación de sistemas de rociadores, en donde se proveen los requisitos mínimos para el diseño e instalación de sistemas de rociadores automáticos contraincendio y de sistemas de rociadores para protección contra la exposición al fuego. Todo esto con el propósito de proporcionar una protección para la vida humana y la propiedad.<sup>13</sup>

✓ **NFPA 14 (Norma para instalación de tubería vertical y de mangueras).**

Esta norma tiene como fin suministrar los requisitos mínimos para la instalación de sistemas de tubería vertical y de manguera, cuyo propósito es proveer un grado de protección para la vida humana basándose en principios de ingeniería, pruebas y experiencia de campo.<sup>14</sup>

✓ **NFPA 20 (Bombas estacionarias contraincendios).**

Nos brinda los requisitos para la selección e instalación de bombas para suministro de agua para protección contraincendio, incluyendo parámetros como la succión, descarga y equipo auxiliar; todo ello basado en principios de ingeniería, información de prueba y experiencia de campo.<sup>15</sup>

✓ **NFPA 24 (Norma para instalación de tuberías para servicio privado de incendios y sus accesorios).**

---

<sup>12</sup> Blanco Duarte, Miguel Ángel. Martínez Jamaica, Jeyson Fernando. Guía para el diseño de sistemas de protección contraincendios, enfocada en redes internas de edificaciones. 2016..

<sup>13</sup> NFPA 13. National Fire Protection Association. Standard for the installation of sprinkler systems. 2019.

<sup>14</sup> NFPA 14. National Fire Protection Association. Standard for the installation of standpipe and hose systems. 2019

<sup>15</sup> NFPA 20. National Fire Protection Association. Standard for the installation of stationary pumps for fire protection. 2019.

Brinda los parámetros fundamentales que deben cumplir las tuberías empleadas en las redes de extinción de incendio, teniendo en cuenta criterios de resistencia de materiales, conducción de fluidos y comportamiento ante altas temperaturas.<sup>16</sup>

✓ **NTC 1669 (Norma para instalación de conexiones de mangueras contra incendio).**

Norma colombiana de la instalación de mangueras contra incendio. Es una adopción idéntica de la NFPA 14, y nos da los parámetros para la instalación de tomas de bomberos, tipos de gabinetes y aditamentos de los mismos.<sup>17</sup>

✓ **Decreto de 2340 de 1997. Prevención de incendios forestales.**

“Por el cual se dictan unas medidas para la organización en materia de prevención y mitigación de incendios forestales y se dictan otras disposiciones”.<sup>18</sup>

✓ **Circular 7200-2-87809 de septiembre de 2013 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.**

Se definen los requerimientos mínimos exigidos en materia de protección de red contra incendio para edificaciones residenciales multifamiliares R-2.

✓ **Norma sismorresistente 2010. Capítulos J y K.**

La NSR-10, capítulos J y K es la norma más importante a nivel nacional que obliga a todas las nuevas construcciones y remodelaciones a tener un sistema contra la protección de incendios.

Como tal en los capítulos J y K, se clasifican el tipo de estructura de acuerdo con su uso y características morfológicas, y con base en esta clasificación se define el

---

<sup>16</sup> NFPA 24. National Fire Protection Association. Standard for the installation of private fire service mains and their appurtenances. 2007.

<sup>17</sup> INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS ICONTEC. Norma para instalación de conexiones de mangueras contra incendio NCT 1669. 30 septiembre de 2009.

<sup>18</sup> Decreto 2340 De 1997. "Por el cual se dictan unas medidas para la organización en materia de prevención y mitigación de incendios forestales y se dictan otras disposiciones". Disponible en: [http://www.ideam.gov.co/documents/24024/36843/dec\\_2340\\_190997.pdf/2b16e527-603e-4af9-bab5-d1907fe47a1a](http://www.ideam.gov.co/documents/24024/36843/dec_2340_190997.pdf/2b16e527-603e-4af9-bab5-d1907fe47a1a)



tipo de sistema que debe tener el proyecto.<sup>19</sup>

Las anteriores son quizás las normas más utilizadas a la hora de diseñar y construir un sistema de protección contra incendios y serán de vital importancia en el desarrollo del objetivo de este trabajo.

Sin embargo, además de la parte contractual es importante conocer las principales características de cada uno de los materiales a evaluar en el presente trabajo (tuberías en acero y tuberías en CPVC Blazemaster).

#### **4.4 MARCO GEOGRÁFICO**

##### **DESCRIPCIÓN EDIFICIO L7-86**

El edificio L7-86 es un proyecto de vivienda multifamiliar, ubicado en la ciudad de Bogotá, en la Carrera 7 con calle 86. Consta de 13 pisos, y 3 semisótano, este último son de uso de parqueaderos y equipos técnicos, en el primer piso se encuentra el Lobby, administración, salón social; en los siguientes pisos se encuentran las unidades de vivienda para un total de 41 apartamentos. El área total construida es de 8.000 m<sup>2</sup> aproximadamente (Ver Anexo Planos).

Las condiciones ambientales del proyecto se presentan a continuación<sup>20</sup>:

**Tabla 5.** Condiciones ambientales zona edificio L7-86.

Descripción	Medida
Temperatura Anual	Máxima 24,6°C (76°F)
	Media 14,3°C (58°F)
	Mínima 2,3°C (36°F)
Humedad Relativa Anual	Promedio 75%
Altura sobre el nivel del mar	2.640 m.s.n.m.
Velocidad del Viento	2,9 m/s Promedio Anual
Dirección predominante	Noreste

<sup>19</sup> NSR 10. Reglamento colombiano de construcción sismo-resistente, Títulos J y K. 2013.

<sup>20</sup> IDEAM. Información extractada de indicadores ambientales – Clima de acuerdo con Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/clima>.

### **Pisos de Apartamentos.**

La altura total del edificio según planimetría suministrada es de 51.90 m. El nivel del último piso habitable desde el nivel de la vía es de 44.40 m. Por lo anterior el edificio se clasifica como de gran altura, esta clasificación hace obligatoria la segunda salida de emergencia en cada piso (Escalera).

La torre tiene trece pisos, desde el piso 2 hasta el 13, en los cuales se encuentran las unidades de vivienda. El nivel del último piso habitable tiene una altura de 44.40 m., por lo cual la torre de acuerdo con la NSR-10, se clasifica como edificación de gran altura.

En la siguiente tabla se muestra en número de apartamentos por piso, en total, el edificio o torre tiene 41 apartamentos.

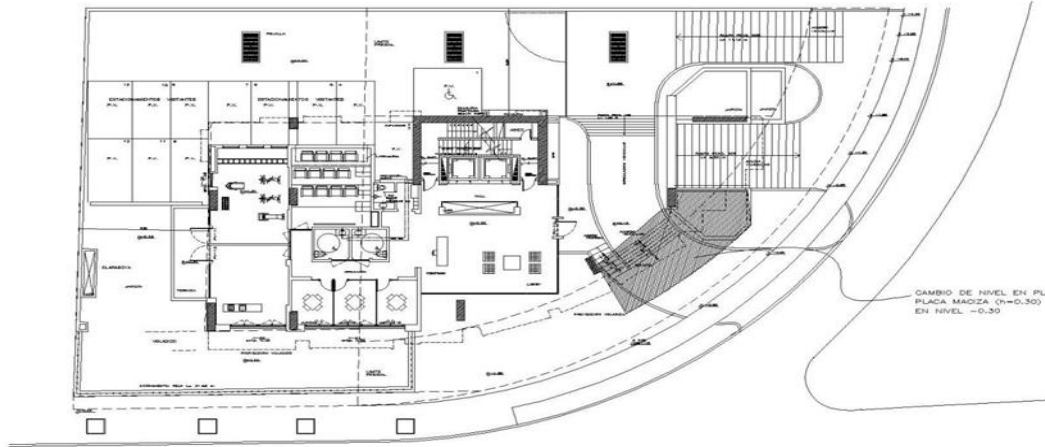
**Tabla 6.** Pisos y número de apartamentos edificio L7-86

PISOS Y # DE APARTAMENTOS	
Piso	No. De aptos
Piso 2	5
Piso 3	4
Piso 4	4
Piso 5	4
Piso 6	3
Piso 7	3
Piso 8	4
Piso 9	4
Piso 10	4
Piso 11	2
Piso 12	2
Piso 13	2

### **Zonas Comunes.**

En el primer piso del proyecto se encuentra el Lobby, salón social, 3 baño, 2 escaleras, 2 ascensores, 3 salas de juntas, 1 gimnasio, 1 sala de proyecciones y unos parqueaderos de visitantes descubiertos como se muestra en la Imagen 1.

### Imagen 1. Piso 1



**Fuente:** ROCH INGENIERIA SAS. Planos arquitectónicos edificio L7-86. Versión 4. 2021.

### Semisótano.

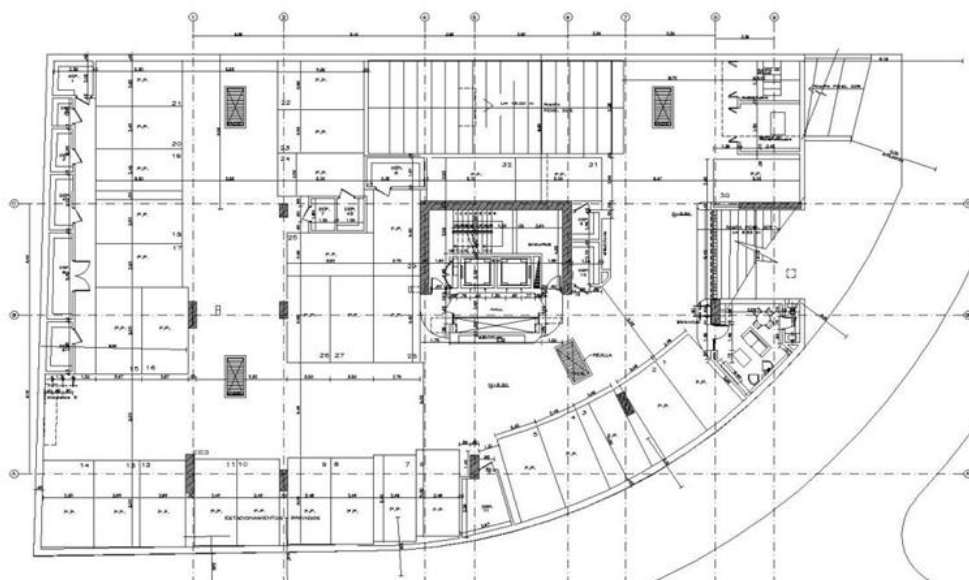
El proyecto cuenta con tres sótanos numerados así:

Sótano 1: donde se encuentran parqueaderos, depósitos, sala de conductores y cuartos técnicos, con un área aproximada de 1068 m<sup>2</sup>, lo que hace obligatorio tener dos medios de evacuación. (Imagen 2)

Sótano 2: con parqueaderos y depósitos, área aproximada 1068 m<sup>2</sup>, lo que obliga a contar con dos medios de evacuación. (Imagen 3)

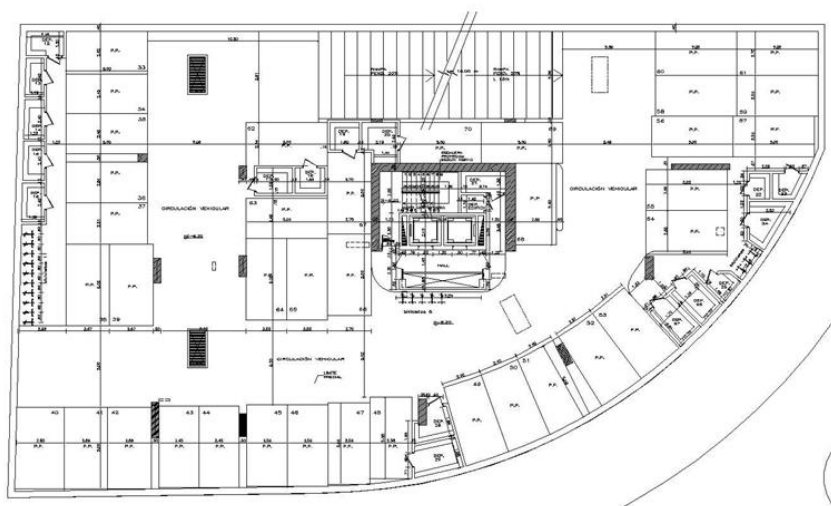
Sótano 3: Cuenta con parqueaderos, depósitos y cuartos técnicos, área aproximada de 830 m<sup>2</sup>. (Imagen 4)

**Imagen 2. Sótano 1**



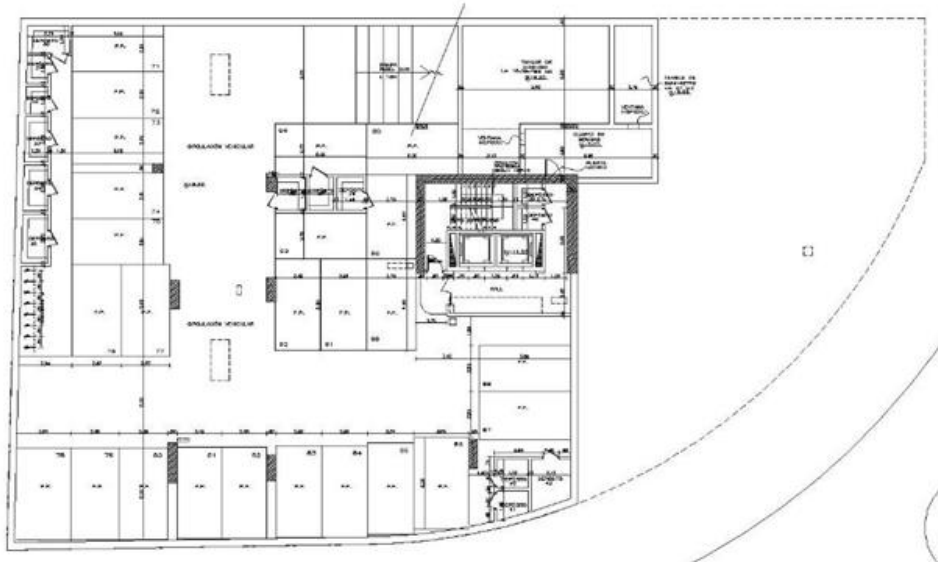
**Fuente:** ROCH INGENIERIA SAS. Planos arquitectónicos edificio L7-86.  
Versión 4. 2021.

**Imagen 3. Sótano 2**



**Fuente:** ROCH INGENIERIA SAS. Planos arquitectónicos edificio L7-86.  
Versión 4. 2021.

**Imagen 4. Sótano 3**



**Fuente:** ROCH INGENIERIA SAS. Planos arquitectónicos edificio L7-86. Versión 4. 2021.

#### **4.5 ESTADO DEL ARTE.**

Los últimos estudios y avance en la ingeniería de la protección contra incendios han sido realizados por la NFPA, quienes se encuentran en constante actualización de las normatividades, siempre incorporando nuevas tecnologías y apéndices a la normatividad existente, con el fin de hacer una norma más completa que garantice la protección de las vidas humanas.

Sus constantes actualizaciones se pueden visualizar a través de su página web [www.nfpa.org](http://www.nfpa.org); en donde se encuentran todos los códigos existentes hasta el momento actualizados a diario y de fácil acceso a la información.

A nivel nacional, son cada vez más los especialistas en los sistemas de extinción contra incendios y a su vez los entes institucionales han incorporado cursos que promuevan la divulgación e intercambio de estos conocimientos.

Con respecto a las redes de extinción contra incendios, son varios los trabajos que se han desarrollado, bien sea en el diseño de edificios en específico o plantillas que sirvan de guía a la hora de realizar diseños de estos sistemas. Cabe resaltar que no se han realizado trabajos que impliquen la comparación entre dos tipos de tecnologías en la extinción de incendios, por lo que este trabajo servirá de base y guía para futuras investigaciones que pretendan promover el uso de nuevas y novedosas alternativas en la extinción de incendios.

A continuación, presentamos algunos de los trabajos de grado y documentos desarrollados que implican un sistema de extinción de incendios.

- ✓ Actividades de construcción en la etapa de red contra incendios para instituciones militares. Se realizó una secuencia lógica de los pasos a tener en cuenta en los diseños de redes contra incendios comúnmente usados en instituciones militares, como rociadores, gabinetes e hidrantes.<sup>21</sup>
- ✓ Elevador de tubería para red contraincendios de grandes diámetros. Se plantea la creación de una herramienta de elevación de tubería contraincendios en acero de grandes diámetros, cuyo fin es disminuir costos en mano de obra y aumentar los rendimientos de instalación.<sup>22</sup>
- ✓ Diseño de una red contra incendios para las instalaciones de la empresa Textil Ritchi S.A.S. Expone la aplicación de conocimientos adquiridos en el programa de ingeniería mecánica en el diseño de una red contraincendios con base en la normatividad vigente.<sup>23</sup>
- ✓ Estudio y diseño de red contra incendios en el edificio principal de la Universidad Cooperativa de Colombia campus Villavicencio – Meta,

---

<sup>21</sup> Gómez Sánchez, Miguel Ángel. Martínez Sierra Miguel Ángel. Actividades de construcción en la etapa de red contra incendios para instituciones militares. 31 agosto 2018.

<sup>22</sup> Beltrán Castellanos Nicolás. Elevador de tuberías de red contraincendios. 9 junio 2020. 45 páginas.

<sup>23</sup> Garzón Delgadillo, Paula Andrea. Cifuentes Medina, David. Diseño de una red contra incendios para las instalaciones de la empresa Textil Ritchi S.A.S, 05 febrero 2020.

comprendido en dos fases (fase de estudios preliminares abril-julio 2019; fase de diseño agosto-noviembre 2019). “Dar solución a la problemática presente en el edificio principal de la Universidad Cooperativa de Colombia, en el campus Villavicencio, debido a la carencia de un sistema de red contraincendios que cumpla con la normatividad nacional e internacional vigente a la fecha, como la Norma Sismo Resistente del 2010 (NSR-10), con sus anexos más recientes; las Normas Técnicas Colombianas (NTC) y las National Fire Protection Association (NFPA)”<sup>24</sup>.

- ✓ Actualización de la red contra incendio del Centro Empresarial Chico 4000. “La Red de Protección contra Incendios del Centro empresarial Chico 4000 fue diseñada e instalada mediante la normativa vigente en el año de construcción del edificio que en su momento era REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE”. NSR-10. Dado que en Colombia desde el 2013 se adoptó como normativa vigente para las Redes de Protección contra Incendios Norma para la instalación de bombas estacionarias de protección contra incendios (NFPA 20). Por lo anterior, se hace necesario realizar la actualización de la Red de Protección contra Incendios del Centro empresarial Chico 4000 de acuerdo con la norma vigente NFPA-20, lo que determina el realizar este proyecto teniendo en cuenta todos los criterios y aplicaciones que se requieren para el desarrollo de la gerencia del proyecto”.<sup>25</sup>
- ✓ Análisis de los sistemas electrónicos de alarma, detección y extinción automática de incendios en las nuevas edificaciones multiusos en Colombia. “Este trabajo analiza que normas colombianas y estándares internacionales norteamericanos deben seguirse para cumplir con el objetivo de protección de las edificaciones multiusos en lo referente a los sistemas de seguridad

---

<sup>24</sup> Arango Carrillo, Jeison. Gonzalez Rojas, Nelson Eduardo. Vargas Guativa. Javier Andrés. Estudio y diseño de red contra incendios en el edificio principal de la Universidad Cooperativa de Colombia campus Villavicencio – Meta, comprendido en dos fases (fase de estudios preliminares abril-julio 2019; fase de diseño agosto-noviembre 2019). 29 junio 2019.

<sup>25</sup> Velásquez Serrato. Claudia Carolina. Actualización de la red contra incendio del Centro Empresarial Chico 4000. 28 noviembre de 2018.

electrónica de alarma, detección y extinción automática de incendios”.<sup>26</sup>

- ✓ Guía para el diseño de sistemas de protección contra incendios, enfocada en redes internas de edificaciones. Su objetivo principal fue el de elaborar una guía para el diseño de un sistema de protección contra incendio para edificaciones, enfocada en la extinción con agua.<sup>27</sup>
- ✓ Diseño conceptual del sistema hidráulico de protección contra incendios para la universidad católica de Colombia sede el Claustro en la ciudad de Bogotá D.C. El objetivo principal es el de realizar el diseño conceptual del sistema hidráulico de protección contra incendios para la Universidad Católica de Colombia sede el Claustro, basado en las condiciones actuales de uso y ocupación.<sup>28</sup>

Como se puede observar, la mayoría de las investigaciones y trabajos realizados se han basado en guías e implementación de las normatividades vigentes en el diseño de sistemas de extinción de incendio para diferentes edificaciones y usos, con la salvedad que todos han utilizado un sistema convencional basados en tuberías de acero. Es por ello, que se espera que con este trabajo se conozcan mucho más las diversas tecnologías que podemos emplear y que aún son nuevas en nuestro país.

---

<sup>26</sup> Jiménez Flores, Gustavo Andrés. Análisis de los sistemas electrónicos de alarma, detección y extinción automática de incendios en las nuevas edificaciones multiusos en Colombia. 15 diciembre de 2015.

<sup>27</sup> Blanco Duarte, Miguel Ángel. Martínez Jamaica, Jeyson Fernando. Guía para el diseño de sistemas de protección contra incendios, enfocada en redes internas de edificaciones. 2016. 80 páginas.

<sup>28</sup> Sotelo Calderón, Miguel Ángel. Diseño conceptual del sistema hidráulico de protección contra incendios para la universidad católica de Colombia sede el Claustro en la ciudad de Bogotá. 2014. 38 páginas.



## 5. METODOLOGÍA

### 5.1 FASES DEL TRABAJO DE GRADO

Los sistemas y equipos deben diseñarse e instalarse de acuerdo con los requisitos mínimos especificados en las normas y códigos que aplica. Luego de instalados, deben mantenerse periódicamente para garantizar su adecuada funcionalidad en cualquier momento. Los sistemas hidráulicos deben tener inspección, prueba y mantenimiento, las cuales se realizan de acuerdo con la norma NFPA 25.

Para el desarrollo del presente proyecto se empleó la siguiente metodología con la descripción de cada una de las fases del trabajo, de acuerdo con el paso a paso que se debe seguir.

**Tabla 7.** Metodología del proyecto

No	Fase	Información de entrada	Instrumento, ecuación, modelación, normatividad
1	Clasificación de las ocupaciones necesidad de requerimientos de protección contra incendios	Altura del edificio, uso, áreas – plano arquitectónico.	NSR-10, capítulo K
2	Determinar tipo de riesgos en cada área del edificio L7-86.	Planos arquitectónicos y áreas del edificio L7-86.	NSR-10 y NFPA 13.
3	Requerimientos mínimos hidráulicos (volumen de agua - tanque) por cada uno de los sistemas contemplados en la red contra incendios (rociadores y mangueras)	Planos arquitectónicos y áreas del edificio L7-86. Especificaciones del sistema de: fuente de abastecimiento, bomba contra incendio, sistema de distribución, rociadores automáticos, gabinete de manguera y soporte para el sistema de rociadores	NFPA 13
4	Simulación hidráulica utilizando cada uno de los materiales - acero al carbón y CPVC: (simulaciones en los	Basado en la normativa NFPA 13 y NFPA 24, la pérdida por fricción en tuberías se realiza con la fórmula de Hazen Williams. Para estimar las pérdidas por	La aceptación hidráulica del sistema de rociadores automáticos se hace mediante el cumplimiento de la tasa mínima de

No	Fase	Información de entrada	Instrumento, ecuación, modelación, normatividad
	pisos: sótano 3 y piso 13).  Cálculo del sistema de bombeo de la red de extinción de incendios y rociadores automáticos.	<p>fricción en tuberías se utilizan los siguientes factores:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Factor "C" igual a 120 para tuberías húmedas en acero al carbono nuevas.</li> <li>- Factor "C" igual a 150 para tuberías plásticas listadas para uso contra incendio.</li> </ul> <p>La presión mínima de operación de un rociador automático debe ser de 7,0 psi (0,5 bar) según normativa NFPA 13.</p> <p>Por cada accesorio se determina su longitud equivalente.</p> <p>El gabinete de mangueras contra incendio se establece para un flujo mínimo de 250 gpm con una presión mínima de operación de 100 psi.</p>	<p>aplicación y presión mínima de operación en el dispositivo más desfavorable.</p> <p>Los cálculos hidráulicos se realizaron a través del Software EPANET 2.0.</p> <p>NFPA 13 y NFPA 24.</p>
5	Presupuesto de obra por cada uno de los sistemas analizados.	Cantidades de obra, precios vigentes de tuberías y accesorios de cada material analizado.	Presupuesto de obra
5.36	Definición del análisis ambiental a partir del ciclo de vida de los materiales objeto de comparación	Búsqueda de información secundaria de la demanda de materiales, energía y agua para la fabricación del CPVC y acero.	Información secundaria
7	Análisis comparativo y conclusiones	A partir de los resultados de los ítems anteriores se realiza una recomendación respecto al tipo de tubería a usar para la red contraincendios del edificio L7-86.	Información comparativa

## 5.2 INSTRUMENTOS O HERRAMIENTAS UTILIZADAS

Para el desarrollo del presente trabajo se hará uso de las siguientes herramientas, de fácil acceso.

- ✓ Normas y códigos que aplican en la red de extinción de incendios.
- ✓ Microsoft office Excel para cálculos de costos entre otros.
- ✓ EPANET 2.0 para cálculo y verificación de presiones en los nodos.

Se hizo uso de este tipo de herramientas por su facilidad de entendimiento,

precisión y facilidad de encontrarse en el mercado para una verificación de los resultados obtenidos.

### **5.3 ALCANCES Y LIMITACIONES**

El documento tiene los siguientes alcances:

- ✓ Resultados hidráulicos de cada uno de los sistemas diseñados.
- ✓ Resultados monetarios de cada sistema.
- ✓ Resultados del análisis ambiental del uso de cada material para la red
- ✓ Fuente de información para futuros profesionales en el manejo de sistemas de redes contraincendio a partir del resultado comparativo.

Como limitación del proyecto, se encuentra la falta de información e implementación del sistema CPVC Blazemaster en Colombia.

## 6. RESULTADOS OBTENIDOS

De acuerdo con los objetivos planteados para el presente proyecto, a continuación, se presentan los resultados obtenidos:

### 6.1 DISEÑO HIDRÁULICO

A partir de la metodología planteada se determina:

#### Clasificación de Ocupaciones

- Legislación Nacional

A nivel nacional se establece el reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10 como un código de obligatorio cumplimiento; en los títulos J y K se establecen los requerimientos de protección contra incendios para las edificaciones nuevas y existentes.

A partir de este reglamento, se procedió a realizar la clasificación de las ocupaciones y áreas encontradas en el Edificio L7-86 para determinar sus requerimientos mínimos de protección contra incendio.

**Tabla 8.** Clasificación de ocupaciones según NSR-10

Plan ta	Ocupación	Clasificaci ón NSR-10	Requerimiento de Protección				
			Detec ción	Notifica ción	Extint ores	Rociad ores	Tomas Fijas Mangu eras
Sóta no 1	Estacionami entos	Grupo A - Almacenam iento Subgrupo A-1 - Riesgo Moderado	X	X	X	X	X
Sóta no 2							
Sóta no 3							
Lobb y	Sala de espera	Grupo L - Lugares de			X		X

Plan ta	Ocupación	Clasificación NSR-10	Requerimiento de Protección				
			Detección	Notificación	Extintores	Rociadores	Tomas Fijas Mangueras
	Sala de juntas	Reunión Subgrupo L-2 - Culturales y teatros					
	Salón Comunal						
	Sala de proyecciones						
	Gimnasio	Grupo L - Lugares de Reunión Subgrupo L-1 - Deportivos			X		X
Piso 2 a Piso 13	Apartamentos	Grupo R - Residencial Subgrupo R-2 - Multifamiliar	X	X	X	X	X

Las edificaciones deben contar con sistemas de alarma de incendio, que se puedan activar de forma manual, por medio de detectores, o por medio del sistema de extinción automática, de acuerdo con el grupo de ocupación en que se clasifiquen. Estos sistemas deben contar con programas de mantenimiento periódicos para garantizar su adecuado funcionamiento.

Toda edificación debe disponer de recursos para la extinción del fuego cuyas características dependen del grupo de uso en que se clasifique. Los sistemas y equipos deben diseñarse e instalarse de acuerdo con los requisitos mínimos especificados en el Capítulo J.4.3 de la NSR-10. Luego de instalados, deben mantenerse periódicamente para garantizar su adecuada funcionalidad en cualquier momento. Los sistemas hidráulicos deben tener inspección, prueba y mantenimiento, las cuales se realizan de acuerdo con la norma NFPA 25.

De acuerdo con la Tabla 8, a continuación, se definen las condiciones de protección según cada grupo de ocupación establecido para el edificio L-86:

#### Grupo de Ocupación Almacenamiento (A)

Edificaciones o espacios utilizados como el almacenamiento de mercancías, carga o bienes en general, a menos que se clasifiquen en el Grupo de Ocupación Alta Peligrosidad (P). El Grupo de Ocupación Almacenamiento (A) está constituido por los Subgrupos de Ocupación Almacenamiento Riesgo Moderado (A-1) y Almacenamiento Riesgo Bajo (A-2).

##### *Subgrupo de Ocupación Almacenamiento de Riesgo Moderado (A-1)*

Se clasifican las edificaciones o espacios utilizados para almacenamiento de materiales que, siendo combustibles, arden con rapidez moderada y no producen gases venenosos ni explosivos.

Toda edificación clasificada en el grupo de ocupación A (Almacenamiento) debe estar protegida por:

- Sistema de detección y alarma de incendio diseñado tomando como referencia la norma NFPA 72.
- Sistema aprobado y eléctricamente supervisado, de rociadores automáticos diseñados de acuerdo con la última versión del Código para suministro y distribución de agua para extinción de incendios en edificios, NTC 2301 y como referencia la norma para instalación de sistemas de rociadores, NFPA 13.
- Sistema de tomas fijas para bomberos y mangueras para extinción de incendios diseñados de acuerdo con la última versión del Código para suministro y distribución de agua para extinción de incendios en edificaciones, NTC 1669, y como referencia el código para instalación de sistemas de tuberías verticales y mangueras, NFPA 14.

- Sistema de extintores portátiles de fuego, diseñados de acuerdo con la última versión de la norma extintores de fuego portátiles, NTC 2885 y como referencia la norma de extintores de fuego portátiles, NFPA 10.

### **Grupo de Ocupación Lugares de Reunión (L)**

En el Grupo de Ocupación Lugares de Reunión (L) se clasifican las edificaciones o espacios en donde se reúne o agrupa la gente con fines religiosos, deportivos, políticos, culturales, sociales, recreativos o de transporte y que, en general, disponen de medios comunes de salida o de entrada. Se excluyen de este grupo las edificaciones o espacios del grupo de ocupación Institucional (I). El Grupo de Ocupación Lugares de Reunión (L) está constituido por los Subgrupos de Ocupación Lugares de Reunión Deportivos (L-1), Lugares de Reunión Culturales (L-2), Lugares de Reunión Sociales y Recreativos (L-3), Lugares de Reunión Religiosos (L-4) y Lugares de Reunión de Transporte (L-5).

#### **Subgrupo de Ocupación Lugares de Reunión Deportivos (L-1)**

Se clasifican las edificaciones o espacios utilizados para la realización de cualquier tipo de deporte, y en general, donde se reúnen o agrupan personas para presenciar o realizar algún evento deportivo.

#### **Subgrupo de Ocupación Lugares de Reunión Culturales (L-2)**

Se clasifican las edificaciones o espacios utilizados para la realización o presentación de eventos culturales o políticos, y en general, donde se reúnen o agrupan personas con fines culturales, y existen instalaciones escénicas tales como proskenios o tablados, cortinas, iluminación especial, cuartos de proyección, dispositivos mecánicos, sillettería fija u otros accesorios o equipos de teatro.

Toda edificación clasificada en el grupo de ocupación L (Lugares de Reunión) debe estar protegida por:

- Sistema de tomas fijas para bomberos y mangueras para extinción de incendios diseñados de acuerdo con la última versión del Código para suministro y distribución de agua para extinción de incendios en edificaciones, NTC 1669, y como referencia el código para instalación de sistemas de tuberías verticales y mangueras, NFPA 14.
- Sistema de extintores portátiles de fuego, diseñados de acuerdo con la última versión de la norma extintores de fuego portátiles, NTC 2885 y como referencia la norma de extintores de fuego portátiles, NFPA 10.

### **Grupo de Ocupación Residencial (R)**

En el Grupo de Ocupación Residencial (R) se clasifican las edificaciones o espacios empleados como vivienda familiar o de grupos de personas o como dormitorios, con o sin instalaciones de alimentación. Se excluyen de este grupo las edificaciones o espacios de ocupación Institucional (I). El Grupo de Ocupación Residencial (R) está constituido por los Subgrupos de Ocupación Residencial Unifamiliar y Bifamiliar (R-1), Residencial Multifamiliar (R-2) y Residencial Hoteles (R-3).

### **Subgrupo de Ocupación Residencial Multifamiliar (R-2)**

Se clasifican las edificaciones o espacios empleados principalmente como vivienda, o como dormitorio de tres o más familias, o de más de 20 personas.

Toda edificación clasificada en el grupo de ocupación R (Residencial) debe estar protegida por:

- Sistema de detección y alarma de incendio diseñado tomando como referencia la norma NFPA 72.
- Sistema aprobado y eléctricamente supervisado, de rociadores automáticos diseñados de acuerdo con la última versión del Código para suministro y distribución de agua para extinción de incendios en edificios, NTC 2301 y



como referencia la norma para instalación de sistemas de rociadores, NFPA 13.

- Sistema de tomas fijas para bomberos y mangueras para extinción de incendios diseñados de acuerdo con la última versión del Código para suministro y distribución de agua para extinción de incendios en edificaciones, NTC 1669, y como referencia el código para instalación de sistemas de tuberías verticales y mangueras, NFPA 14.
- Sistema de extintores portátiles de fuego, diseñados de acuerdo con la última versión de la norma extintores de fuego portátiles, NTC 2885 y como referencia la norma de extintores de fuego portátiles, NFPA 10.

- Normativa NFPA

A continuación, se describen las protecciones contra incendio de acuerdo con el tipo de clasificación de la ocupación.

### **Sistema de Rociadores Automáticos**

El sistema de rociadores debe extenderse a todo el Edificio L7-86 debido a que aporta significativamente a la seguridad de las personas en razón que notifica la existencia de un fuego al mismo tiempo que liberan agua sobre la zona incendiada.

Los rociadores también brindan permanente protección al edificio, por cuanto su operación no está sujeta a la disponibilidad de personal y su cobertura se mantiene durante aquellos instantes en que las áreas pueden quedar desatendidas.

De acuerdo con lo especificado en la normativa NFPA 13, se estableció la clasificación de riesgos según el tipo de ocupación para el edificio L7-86 así:

**Tabla 9.** Clasificación de ocupaciones según NFPA-13

Planta	Ocupación	Área Facilidad		Tipo de Riesgo	Grupo Clase /
		m²	ft²		
Sótano 1	Estacionamientos	1.172	12.615	Ordinario	I
Sótano 2		1.259	13.552	Ordinario	I
Sótano 3		989	10.646	Ordinario	I
Lobby	Sala de espera	52	560	Ligero	–
	Sala de juntas	32	344	Ligero	–
	Salón Comunal	33	355	Ligero	–
	Sala de proyecciones	21	226	Ligero	–
	Gimnasio	42	452	Ligero	–
Piso 2 a Piso 13	Apartamentos	576	6.200	Ligero	–
Riesgo Ligero – Espacios con poca cantidad y en baja combustibilidad de contenidos. Riesgo Ordinario (Grupo I) – Espacios con moderada cantidad y baja combustibilidad de contenidos.					

El sistema de rociadores automáticos a base de agua debe cumplir lo especificado en la normativa NFPA 13.

### **Sistema de Mangueras**

Se establecen gabinetes (Sistema Clase III) provistas de mangueras de 1½ in para suministro de agua por parte de personal entrenado y conexión para manguera de 2½ in para permitir el suministro de mayor volumen de agua para uso de los cuerpos de bomberos y/o personal entrenado y capacitado en el manejo de grandes chorros para combate de incendios.

El sistema de mangueras debe cumplir lo especificado en la normativa NFPA 14.

### **Detección y Alarma**

El propósito del sistema de detección y alarma es la detección temprana de los elementos iniciantes o resultantes de la combustión (humo) en las diferentes zonas del Edificio L7-86, para la notificación visual/sonora y posteriormente se tomen acciones de extinción, control y evacuación, con el fin de proteger a las personas y limitar la afectación de bienes o del medio ambiente.

Entre los objetivos específicos se encuentran:

- Detectar la presencia de humo o calor en las áreas a proteger.
- Detectar incendios que puedan materializarse en las áreas de protección.
- Alertar a los ocupantes mediante dispositivos de anunciación visual/sonora una condición de emergencia para activar los procedimientos de evacuación y extinción.
- Supervisar la válvula de alarma de la red de extinción.

Se deben proyectar estaciones manuales de alarma en la totalidad del Edificio L7-86; las estaciones manuales se instalan cerca de las salidas de cada área. La ubicación de las estaciones manuales no supera los 61 metros de recorrido según lineamiento de NFPA.

Se deben proyectar dispositivos de notificación sonora y visual en las diversas áreas del Edificio L7-86. Los equipos de notificación brindan cobertura total (sonora y visual).

En el Edificio L7-86 y de acuerdo con su clasificación como uso residencial, los materiales combustibles corresponden a elementos ordinarios (papel, madera, plásticos, etc.); la combustión de estos elementos se caracteriza por una elevada producción de humo en sus etapas iniciales por lo que la instalación de detectores de humo en el techo puede generar una respuesta aceptable del sistema, permitiendo una rápida activación de los equipos de notificación.

El sistema de detección y alarma debe cumplir lo especificado en la normativa NFPA 70 y NFPA 72.

### **Extintores Portátiles**

Los extintores son fundamentales para la atención de incendios en etapas incipientes (conatos), por tal razón debe disponerse personal idóneo y capacitado en su manejo. Deben instalarse extintores en todas las facilidades de riesgo,

independiente de otros sistemas fijos de protección.

Los equipos deben contar con certificación de uso por potencial de extinción (Listado UL); la selección y distribución de extintores debe seguir lo inscrito en la norma NFPA 10.

### **Sistema de extinción y control a base de agua**

De manera general, el sistema contra incendio a base de agua está conformado por una fuente de abastecimiento, un sistema de bombeo, red de tuberías y subsistemas de descarga como rociadores automáticos, tomas fijas de manguera y conexión a bomberos.

#### **- Requerimientos nominales**

Los consumos hidráulicos se obtuvieron a partir de las tasas de aplicación y tiempos mínimos de descarga según clasificación del riesgo acorde a normativa NFPA 13.

Las áreas dentro del Edificio L7-86 se clasifican como riesgo ligero y riesgo ordinario formulando una tasa de aplicación por área de diseño, estableciendo el área de protección por rociador y requerimiento de gabinetes de manguera.

A continuación, se establecen los mínimos requerimientos hidráulicos:

**Tabla 10.** Requerimientos hidráulicos nominales para el edificio L7-86

Plant a	Ocupación	Área Facilidad		Tipo de Riesgo	Grupo	Rociadores Automáticos						Sistema de Mangueras			Volumen de Agua Requerid o	
		Área de Diseño				Tasa de Aplicación		Caudal Mínimo		Caudal Mínimo		Duració n				
		m²	ft²			m²	ft²	Lpm/m ²	gpm/ft ²	Lp m	gp m	Lp m	gp m	min	m³	Bls
Sótan o 1	Estacionamient os	1.17 2	12.6 15	Ordinari o	I	13 9	1.50 0	6,10	0,15	848	225	950	250	60	108	679
Sótan o 2		1.25 9	13.5 52	Ordinari o	I	13 9	1.50 0	6,10	0,15	848	225	950	250	60	108	679
Sótan o 3		989	10.6 46	Ordinari o	I	13 9	1.50 0	6,10	0,15	848	225	950	250	60	108	679
Lobby	Sala de espera	52	560	Ligero	—	13 9	1.50 0	4,10	0,10	213	56	380	100	30	18	111
	Sala de juntas	32	344	Ligero	—	13 9	1.50 0	4,10	0,10	131	34	380	100	30	15	96
	Salón Comunal	33	355	Ligero	—	13 9	1.50 0	4,10	0,10	135	36	380	100	30	15	97
	Sala de proyecciones	21	226	Ligero	—	13 9	1.50 0	4,10	0,10	86	23	380	100	30	14	88
	Gimnasio	42	452	Ligero	—	13 9	1.50 0	4,10	0,10	172	45	380	100	30	17	104
Piso 2 a Piso 13	Apartamentos	576	6.20 0	Ligero	—	13 9	1.50 0	4,10	0,10	570	150	380	100	30	29	179

El sistema de rociadores debe considerar los siguientes requisitos de ubicación según marco normativo de NFPA 13:

- Los rociadores deben ser instalados en la totalidad de las instalaciones.
- Los rociadores deben estar ubicados de tal manera que no se exceda el área máxima de protección por rociador.
- El área máxima de protección de rociadores en riesgo leve es de 20 m<sup>2</sup> (225 ft<sup>2</sup>) para tipo de construcción no combustible y tipo de sistema calculado hidráulicamente. El espaciamiento máximo entre rociadores es de 4,6 m (15 ft).
- El área máxima de protección de rociadores en riesgo ordinario es de 12 m<sup>2</sup> (130 ft<sup>2</sup>). El espaciamiento máximo entre rociadores es de 4,6 m (15 ft).
- Los rociadores deben estar espaciados a no menos de 1,8 m (6 ft) entre centros.
- Los rociadores deben estar posicionados y ubicados de manera que su desempeño sea satisfactorio con respecto al momento de la activación y a la distribución.
- La distancia desde los rociadores hasta los muros no debe exceder la mitad de la distancia máxima admisible entre rociadores. La distancia mínima de ubicación de rociadores a muro debe ser de 100 mm (4 in).
- La presión mínima de operación para cualquier rociador debe ser de 7,0 psi (0,5 bar).

- Fuente de abastecimiento

La fuente de abastecimiento de agua será dedicada exclusivamente al servicio de la red contra incendio y deberá tener un volumen operativo mínimo de 108 m<sup>3</sup> (679 Bls).

El suministro de agua debe tener la capacidad de llenar el volumen de protección contra incendio mínimo requerido dentro del tanque en un máximo de 8 horas de acuerdo con lo especificado en la normativa NFPA 22.

El diseño e instalación del tanque contra incendio debe cumplir la Norma NFPA 22.

- Bombas contra incendio

Considerando la activación del sistema de rociadores en Planta Sótano de 848 Lpm (225 gpm) y caudal mínimo requerido para sistema de mangueras de 950 Lpm (250 gpm): se tendría un consumo mínimo de 1.798 Lpm (475 gpm), se establece que la bomba principal contra incendio tenga una capacidad mínima de 500 gpm.

El sistema de bombas contra incendio estaría compuesto por:

- Una (1) bomba principal contra incendio accionada por motor eléctrico de capacidad nominal 500gpm@150psi con tablero controlador.
- Una (1) bomba de respaldo contra incendio accionada por motor diésel de capacidad nominal 500gpm@150psi con tablero controlador.
- Una bomba Jockey sostenedora de presión de capacidad nominal 20gpm@160psi accionada por motor eléctrico con tablero controlador.

Se recomienda que las unidades de bombeo se encuentren ensambladas sobre un skid de manera paquetizada; el conjunto de bomba, motor y controlador debe contar con Listado UL y/o Aprobación FM.

El diseño e instalación de bombas contra incendio debe cumplir lo especificado en la normativa NFPA 20.

- Sistema de distribución

El sistema de distribución comprende la tubería y sus accesorios entre la descarga del sistema de bombas contra incendio y red de distribución para sistemas fijos de extinción y control (rociadores automáticos y sistema de manguera).

El dimensionamiento de tuberías debe garantizar las condiciones de presión y caudal en los dispositivos de descarga con propósito de cumplir las tasas mínimas de aplicación fijadas por las normas NFPA.

Se establece que la presión operativa en la red hidráulica contra incendio no debe ser mayor a 175 psi, máxima presión permitida en los equipos de control y descarga. Para la prueba hidrostática del sistema (test de aceptación) de acuerdo con lo establecido en la normativa NFPA 24, la tubería y accesorios deben ser probados hidrostáticamente a 200 psi o 50 psi adicionales a la máxima presión de operación del sistema, la que sea mayor, y debe mantenerse por un tiempo de 2 horas.

El material de las tuberías contra incendio a emplear en el sistema de rociadores y sistema de mangueras debe cumplir lo especificado en la normativa NFPA 13. Se establece consideran los siguientes materiales de tubería:

- Tubería plástica (SDR-PR) de Cloruro de Poli Vinilo Clorado – CPVC. La tubería debe ser adecuada para instalación de rociadores automáticos y listada para dicho servicio. Las instrucciones de instalación del fabricante deben incluir sus limitaciones de listado.
- De acuerdo con la normativa NFPA 13, debe permitirse la instalación de tubería no metálica listada para ocupaciones de riesgo leve en ocupaciones de riesgo ordinario donde no se exceda un área de 37 m<sup>2</sup> (400 ft<sup>2</sup>).
- Tuberías en acero negro sin costura.
- Donde las tuberías de acero están unidas por soldadura o por accesorios ranurados según lo especificado en la normativa NFPA 13, el espesor nominal mínimo para presiones de hasta 300 psi (21 bar) debe ser SCH 10 para tamaños de tubería de hasta 5 in.
- Donde las tuberías de acero están unidas por roscados según lo especificado en la normativa NFPA 13, el espesor nominal mínimo debe ser SCH 40 para tamaños de tubería menores de 8 in.



La tubería que alimenta el sistema de rociadores debe contar con una (1) válvula de compuerta tipo OS&Y normalmente abierta y una (1) válvula de retención de alarma con Trim de operación para control del sistema.

La red interior de tuberías será tipo árbol donde cada ramal conducirá el agua a los dispositivos de descarga (rociadores automáticos y sistema de manguera). Las válvulas deben contar con Listado UL y/o Aprobación FM para uso contra incendio.

El diseño e instalación de la red de tuberías y accesorios debe cumplir lo especificado en la normativa NFPA 13 y NFPA 24.

#### - Rociadores automáticos

Los rociadores automáticos son dispositivos cerrados donde su descarga está comandada por la ruptura de una ampolla termosensible calibrada a una temperatura determinada.

El factor de descarga K, rangos de temperatura, clasificaciones y código de color de rociadores debe estar especificado de acuerdo con normativa NFPA 13.

**Tabla 11.** Identificación Factores de Descarga K según NFPA 13

Nominal K-Factor [gpm/(psi) <sup>1/2</sup> ]	Nominal K-Factor [L./min/(bar) <sup>1/2</sup> ]	K-Factor Range [gpm/(psi) <sup>1/2</sup> ]	K-Factor Range [L./min/(bar) <sup>1/2</sup> ]	Percent of Nominal K-5.6 Discharge	Thread Type
1.4	20	1.3–1.5	19–22	25	½ in. (15 mm) NPT
1.9	27	1.8–2.0	26–29	33.3	½ in. (15 mm) NPT
2.8	40	2.6–2.9	38–42	50	½ in. (15 mm) NPT
4.2	60	4.0–4.4	57–63	75	½ in. (15 mm) NPT
5.6	80	5.3–5.8	76–84	100	½ in. (15 mm) NPT
8.0	115	7.4–8.2	107–118	140	¾ in. (20 mm) NPT or ½ in. (15 mm) NPT
11.2	160	10.7–11.7	159–166	200	½ in. (15 mm) NPT or ¾ in. (20 mm) NPT
14.0	200	13.5–14.5	195–209	250	¾ in. (20 mm) NPT
16.8	240	16.0–17.6	231–254	300	¾ in. (20 mm) NPT
19.6	280	18.6–20.6	272–301	350	1 in. (25 mm) NPT
22.4	320	21.3–23.5	311–343	400	1 in. (25 mm) NPT
25.2	360	23.9–26.5	349–387	450	1 in. (25 mm) NPT
28.0	400	26.6–29.4	389–430	500	1 in. (25 mm) NPT

**Tabla 12.** Rangos de Temperatura, Clasificaciones y Código de Color según NFPA 13

Maximum Ceiling Temperature		Temperature Rating		Temperature Classification	Color Code	Glass Bulb Colors
°F	°C	°F	°C			
100	38	135–170	57–77	Ordinary	Uncolored or black	Orange or red
150	66	175–225	79–107	Intermediate	White	Yellow or green
225	107	250–300	121–149	High	Blue	Blue
300	149	325–375	163–191	Extra high	Red	Purple
375	191	400–475	204–246	Very extra high	Green	Black
475	246	500–575	260–302	Ultra high	Orange	Black
625	329	650	343	Ultra high	Orange	Black

El sistema hidráulico en el Edificio L7-86 contará con rociadores estándar de conexión ½ in NPT, factor de descarga “K” 5,6 U.S., temperatura de activación ordinaria 57 °C (135 °F), bulbo color rojo, material del cuerpo en bronce y deflector en acero inoxidable.

Los rociadores automáticos deben contar con Listamiento UL y/o Aprobación FM para uso contra incendio.

El diseño e instalación del sistema de rociadores automáticos debe cumplir los lineamientos de la norma NFPA 13.

- Gabinetes de manguera

Se establecen gabinetes de manguera Clase III (Conexión 1½ in y 2½ in); donde la conexión para manguera de 1½ in comprende un primer recurso de protección para ser operado por la brigada de emergencia o personal entrenado y la conexión de 2½” quedaría como facilidad para suministrar un mayor volumen de agua para uso del cuerpo de bomberos en el caso de emergencias de mayor magnitud.

El tramo de manguera contra incendio de 1½” contará con una longitud de 30 m (100 ft) y estará preconectada dentro de un gabinete metálico, su descarga será controlada por una boquilla de chorro niebla de flujo mínimo 100gpm@75psi.

La tubería contra incendio que alimenta sistemas de mangueras debe cumplir lo especificado en la normativa NFPA 14, donde:

- Si la edificación está parcialmente protegida con un sistema de rociadores automáticos, el tamaño mínimo de la tubería vertical combinada debe ser de 6 in.
- Si la edificación está totalmente protegida mediante un sistema aprobado de rociadores automáticos según NFPA 13, el tamaño mínimo de la tubería vertical combinada debe ser de 4 in para sistemas hidráulicamente diseñados.
- El tamaño de las líneas de ramales debe basarse en los criterios hidráulicos establecidos en la normativa NFPA 14, pero no deben ser de un tamaño menor de 2½ in.

El diseño e instalación de los gabinetes de manguera debe cumplir los lineamientos de la norma NFPA 14 y NFPA 24.

- Soportería para el sistema de rociadores

La soportería de tubería para los sistemas de rociadores, se deben instalar de acuerdo con el reglamento NSR-10 y normativa NFPA 13, teniendo en cuenta los siguientes lineamientos generales:

- La separación entre los soportes no deberá exceder 4,6 m (15 ft).
- La longitud sin soporte entre el rociador final y el último soporte en la línea no deberá ser mayor que 0,9 m (36 in), a menos que así lo permita la normativa NFPA 13.
- Los componentes de los conjuntos de soportes que sujetan directamente al tubo o a la estructura del edificio deberán ser listados, a menos que lo permitan las excepciones de la NFPA 13.
- Los soportes deberán estar diseñados para soportar cinco veces el peso de la tubería llena de agua más 250 lb (114 kg).
- Los componentes del soporte deberán ser de material ferroso.

- Cuando se requiera que los sistemas de protección contra incendios basados en agua estén protegidos contra los daños provocados por terremotos, los soportes deberán cumplir con lo especificado en NFPA 13.
- La distribución de soportes rígidos y sismo-resistentes deben cumplir lo especificado en la normativa NFPA 13 y reglamento NSR-10.

### **Simulación hidráulica**

#### **- Lineamientos generales**

La simulación hidráulica se orienta a suplir los requerimientos mínimos de caudal y presión en los dispositivos de descarga como rociadores automáticos y sistema de manguera para el Edificio L7-86 como estrategia de protección contra incendio bajo las siguientes consideraciones:

- Basado en la normativa NFPA 13 y NFPA 24, la pérdida por fricción en tuberías se realiza con la fórmula de Hazen Williams.
- Para estimar las pérdidas por fricción en tuberías se utilizan los siguientes factores:
  - Factor “C” igual a 120 para tuberías húmedas en acero al carbono nuevas.
  - Factor “C” igual a 150 para tuberías plásticas listadas para uso contra incendio.
- La presión mínima de operación de un rociador automático debe ser de 7,0 psi (0,5 bar) según normativa NFPA 13.
- El gabinete de mangueras contra incendio se establece para un flujo mínimo de 250 gpm con una presión mínima de operación de 100 psi.
- La aceptación hidráulica del sistema de rociadores automáticos se hace mediante el cumplimiento de la tasa mínima de aplicación y presión mínima de operación en el dispositivo más desfavorable.
- Los cálculos hidráulicos se realizaron a través del Software EPANET 2.0. La simulación se presenta al detalle en el Anexo Diseño hidráulico.

## Ecuaciones

La simulación hidráulica aplica la fórmula de pérdidas por fricción de Hazen-Williams (NFPA 13 y NFPA 24) y de esa manera se obtienen los valores de presión en cada nodo y tramos de tubería.

$$\rho = \frac{4.52Q^{1.85}}{C^{1.85}d^{4.87}}$$

Donde:

$\rho$ : Resistencia por fricción (psi/ft de tubería).

$Q$ : Caudal (gpm).

$C$ : Coeficiente de pérdidas por fricción.

$d$ : Diámetro interno de tubería (in).

El cálculo aplicado a los accesorios de la red contra incendio corresponde a longitud de tubería equivalente establecidos en la normativa NFPA 13.

## Longitudes Equivalentes

La simulación hidráulica aplica las longitudes equivalentes según normativa de NFPA 13 y NFPA 24.

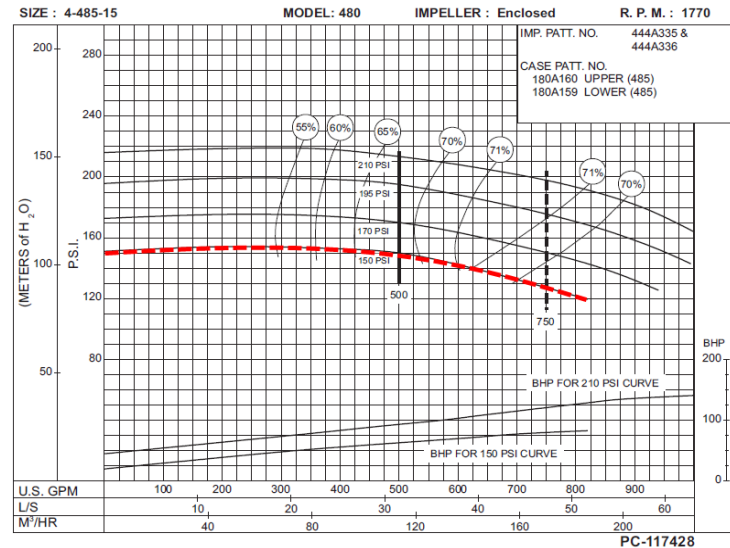
**Tabla 13.** Longitudes Equivalentes de Válvulas y Accesorios según Normativa NFPA

	Fittings and Valves Expressed in Equivalent Feet (Meters) of Pipe														
	½ in.	¾ in.	1 in.	1¼ in.	1½ in.	2 in.	2½ in.	3 in.	3½ in.	4 in.	5 in.	6 in.	8 in.	10 in.	12 in.
Fittings and Valves	(15 mm)	(20 mm)	(25 mm)	(32 mm)	(40 mm)	(50 mm)	(65 mm)	(80 mm)	(90 mm)	(100 mm)	(125 mm)	(150 mm)	(200 mm)	(250 mm)	(300 mm)
45°elbow	—	1 (0.3)	1 (0.3)	1 (0.3)	2 (0.6)	2 (0.6)	3 (0.9)	3 (0.9)	3 (0.9)	4 (1.2)	5 (1.5)	7 (2.1)	9 (2.7)	11 (3.3)	13 (4)
90°standard elbow	1 (0.3)	2 (0.6)	2 (0.6)	3 (0.9)	4 (1.2)	5 (1.5)	6 (1.8)	7 (2.1)	8 (2.4)	10 (3)	12 (3.7)	14 (4.3)	18 (5.5)	22 (6.7)	27 (8.2)
90°long-turn elbow	0.5 (0.2)	1 (0.3)	2 (0.6)	2 (0.6)	2 (0.6)	3 (0.9)	4 (1.2)	5 (1.5)	5 (1.5)	6 (1.8)	8 (2.4)	9 (2.7)	13 (4)	16 (4.9)	18 (5.5)
Tee or cross (flow turned 90°)	3 (0.9)	4 (1.2)	5 (1.5)	6 (1.8)	8 (2.4)	10 (3)	12 (3.7)	15 (4.6)	17 (5.2)	20 (6.1)	25 (7.6)	30 (9.1)	35 (10.7)	50 (15.2)	60 (18.3)
Butterfly valve	—	—	—	—	—	6 (1.8)	7 (2.1)	10 (3)	—	12 (3.7)	9 (2.7)	10 (3)	12 (3.7)	19 (5.8)	21 (6.4)
Gate valve	—	—	—	—	—	1 (0.3)	1 (0.3)	1 (0.3)	1 (0.3)	2 (0.6)	2 (0.6)	3 (0.9)	4 (1.2)	5 (1.5)	6 (1.8)
Vane type flow switch			6 (1.8)	9 (2.7)	10 (3)	14 (4.3)	17 (5.2)	22 (6.7)	—	30 (9.1)	—	16 (4.9)	22 (6.7)	29 (8.8)	36 (11)
Swing check*	—	—	5 (1.5)	7 (2.1)	9 (2.7)	11 (3.3)	14 (4.3)	16 (4.9)	19 (5.8)	22 (6.7)	27 (8.2)	32 (10)	45 (14)	55 (17)	65 (20)

## Bomba Contra Incendio

La presente simulación hidráulica utiliza la curva típica de operación para una bomba contra incendio accionada por motor eléctrico con capacidad nominal de 500gpm@150psi, marca AURORA modelo 4-485-15.

**Figura 1.** Curva de bomba seleccionada edificio L7-86



## Rociador Automático

Es un dispositivo de supresión o control de incendios que opera automáticamente cuando su elemento termo activador es calentado hasta o por encima de su clasificación térmica, permitiendo al agua descargarse sobre un área específica.

El factor de descarga por cada dispositivo está determinado según normativa NFPA 13.

$$K_n = \frac{Q}{\sqrt{P}}$$

Donde:

$K_n$ : Factor de descarga.

Q: Caudal (gpm).

P: Presión (psi).

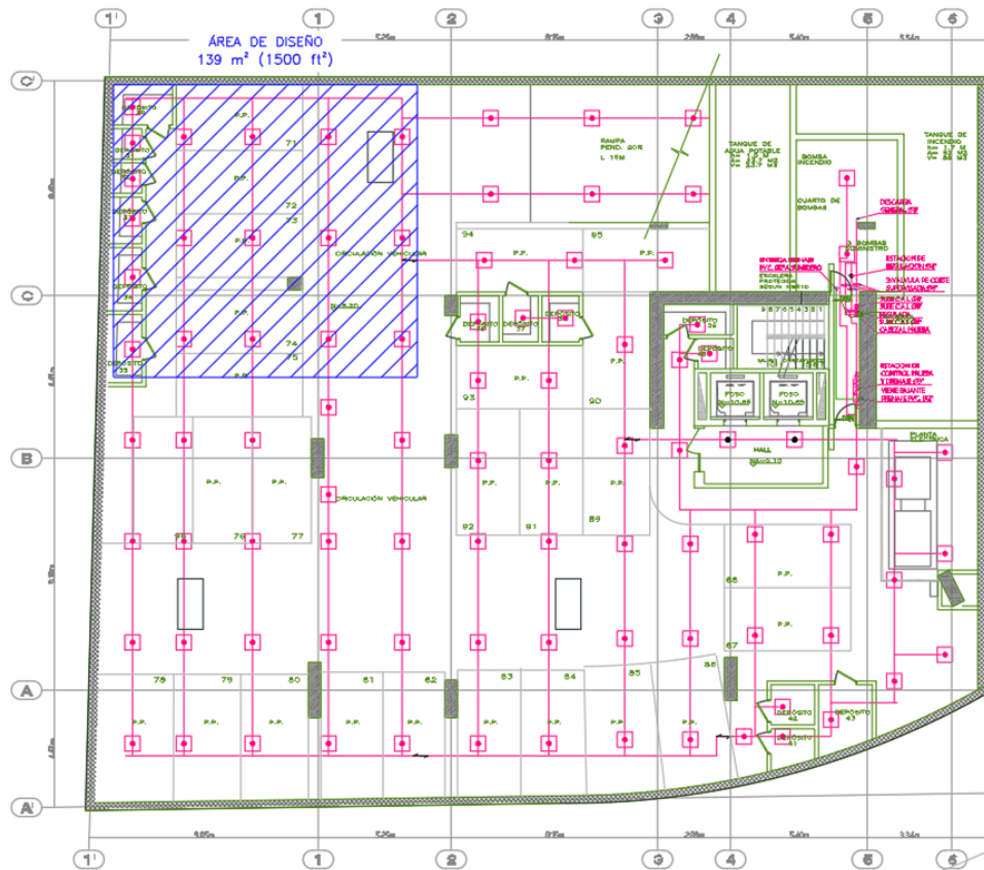
- Simulación No. 1 – Tubería contra incendio en acero carbono

### Planta Sótano 3

La siguiente modelación correspondió al sistema de rociadores automáticos y sistema de mangueras propuesto para la Planta Sótano 3 del Edificio L7-86, considerado el punto más cercano y favorable al sistema de bombeo contra incendio.

De acuerdo con el método de Área/Densidad según NFPA 13, en la Planta sótano 3 se establece una tasa mínima de aplicación de 6,1 Lpm/m<sup>2</sup> (0,15 gpm/ft<sup>2</sup>) para un área de diseño de 139 m<sup>2</sup> (1.500 ft<sup>2</sup>); en este caso la apertura de dieciocho (18) rociadores y una (1) manguera como puede consultarse en la siguiente figura.

**Figura 2.** Distribución espacial de la red en el sótano 3 – edificio L7-86 red acero



## Resultados Tramos de Tubería

**Tabla 14.** Resultados tramos de tubería edificio L7-86 – sótano 3 red acero

ID Línea	Nodos		Longitud (ft)	Diámetro (in)	Rugosidad	Caudal (gpm)	Velocidad (ft/s)
	Inicio	Final					
1	Tanque	1	12,8	6,0	120	638,82	7,25
3	2	3	40,9	6,0	120	638,82	7,25
5	3	4	31,0	6,0	120	638,82	7,25
6	4	5	49,2	6,0	120	638,82	7,25
7	6	7	53,5	3,0	120	638,82	29,00
8	7	8	22,9	3,0	120	499,83	22,69
9	8	CM-01	40,2	3,0	120	253,34	11,50
10	8	10	17,1	2,0	120	246,49	25,17
11	10	11	43,3	2,0	120	212,45	21,70
12	11	12	78,8	2,0	120	212,45	21,70
13	7	9	14,9	2,0	120	138,99	14,19
14	9	14	97,2	2,0	120	138,99	14,19
15	14	13	114,2	2,0	120	138,99	14,19
16	10	13	66,1	1,0	120	34,04	13,90
17	13	15	58,8	2,0	120	173,03	17,67
18	15	RC-01	79,1	1,0	120	16,83	6,87
19	12	RC-01	15,2	1,0	120	17,43	7,12
20	12	RC-02	12,9	2,0	120	195,02	19,92
21	RC-02	RC-03	33,1	2,0	120	162,16	16,56
22	RC-03	16	25,0	2,0	120	133,89	13,67
23	16	17	12,8	2,0	120	133,89	13,67
24	17	RC-06	18,1	1,0	120	28,83	11,78
25	RC-06	RC-05	18,1	1,0	120	9,08	3,71
26	RC-04	RC-05	18,1	1,0	120	10,12	4,13
27	18	RC-04	84,1	1,0	120	29,99	12,25
28	15	18	19,8	2,0	120	156,20	15,95
29	17	19	19,8	2,0	120	105,06	10,73
30	19	RC-09	18,1	1,0	120	26,08	10,65
31	RC-09	RC-08	18,1	1,0	120	7,48	3,06
32	RC-07	RC-08	18,1	1,0	120	10,71	4,37
33	20	RC-07	79,1	1,0	120	29,68	12,13
34	18	20	19,8	2,0	120	126,21	12,89
35	19	21	19,8	2,0	120	78,99	8,07
36	21	RC-12	18,1	1,0	120	24,59	10,04
37	RC-12	RC-11	18,1	1,0	120	6,77	2,77
38	RC-10	RC-11	18,1	1,0	120	10,68	4,36
39	22	RC-10	79,1	1,0	120	28,95	11,83
40	20	22	19,8	2,0	120	96,53	9,86
41	21	23	16,6	2,0	120	54,40	5,56
42	23	RC-18	3,2	1,5	120	54,40	9,88
43	RC-18	RC-17	12,7	1,5	120	33,89	6,15
44	RC-16	RC-17	12,7	1,5	120	13,97	2,54
45	RC-15	RC-16	13,2	1,5	120	5,83	1,06
46	RC-14	RC-15	15,6	1,5	120	25,66	4,66



ID Línea	Nodos		Longitud (ft)	Diámetro (in)	Rugosidad	Caudal (gpm)	Velocidad (ft/s)
	Inicio	Final					
47	RC-13	RC-14	17,4	1,5	120	45,93	8,34
48	24	RC-13	94,8	1,5	120	67,57	12,27
49	22	24	16,6	2,0	120	67,57	6,90
Bomba	1	2	-	-	120	638,82	0,00
VA-01	5	6	-	3,0	120	638,82	29,00

## Resultados Nodos de Descarga

**Tabla 15.** Resultados nodos de descarga edificio L7-86 – sótano 3 red acero

ID Nodo	Presión (psi)	Tpo Nodo	Puntos de trabajo		Entrada de Caudal (gpm)	Factor K	Presión Mínima (psi)	Caudal Mínimo (gpm)	Caudal Descarga (gpm)
			Caudal (gpm)	Presión (psi)					
Tanque	0,00	Embalse (tanque)							
Bomba	141,89	Bomba	0	155	638,82				
			500	150					
			750	125					
CM-01	102,69	Manguera				25,0	100,0	250,00	253,34
RC-01	37,42	Rociador				5,6	7,0	14,82	34,25
RC-02	34,44	Rociador				5,6	7,0	14,82	32,86
RC-03	25,48	Rociador				5,6	7,0	14,82	28,27
RC-04	12,59	Rociador				5,6	7,0	14,82	19,87
RC-05	11,75	Rociador				5,6	7,0	14,82	19,2
RC-06	12,44	Rociador				5,6	7,0	14,82	19,75
RC-07	11,48	Rociador				5,6	7,0	14,82	18,98
RC-08	10,55	Rociador				5,6	7,0	14,82	18,19
RC-09	11,03	Rociador				5,6	7,0	14,82	18,6
RC-10	10,65	Rociador				5,6	7,0	14,82	18,27
RC-11	9,72	Rociador				5,6	7,0	14,82	17,45
RC-12	10,12	Rociador				5,6	7,0	14,82	17,81
RC-13	14,94	Rociador				5,6	7,0	14,82	21,65
RC-14	13,10	Rociador				5,6	7,0	14,82	20,27
RC-15	12,53	Rociador				5,6	7,0	14,82	19,83
RC-16	12,50	Rociador				5,6	7,0	14,82	19,8
RC-17	12,65	Rociador				5,6	7,0	14,82	19,92
RC-18	13,42	Rociador				5,6	7,0	14,82	20,51

## Planta Piso 13

La siguiente modelación correspondió al sistema de rociadores automáticos y sistema de mangueras propuesto para la Planta Piso 13 del Edificio L7-86, considerado el punto más lejano y desfavorable al sistema de bombeo contra incendio.

De acuerdo con el método de Área/Densidad según NFPA 13, en la Planta Piso 13 se establece una tasa mínima de aplicación de 4,1 Lpm/m<sup>2</sup> (0,10 gpm/ft<sup>2</sup>) para un área de diseño de 139 m<sup>2</sup> (1.500 ft<sup>2</sup>); en este caso la apertura de once (11) rociadores y una (1) manguera como puede consultarse en la siguiente figura.

**Figura 3.** Distribución espacial de la red en el piso 13 – edificio L7-86 red acero



## Resultados Tramos de Tubería

**Tabla 16.** Resultados tramos de tubería edificio L7-86 – piso 13 red acero

ID Línea	Nodos		Longitud (ft)	Diámetro (in)	Rugosidad	Caudal (gpm)	Velocidad (ft/s)
	Inicio	Final					
1	Tanque	1	12,8	6,0	120	354,26	4,02
3	2	3	40,9	6,0	120	354,26	4,02
50	3	43	35,6	6,0	120	354,26	4,02
51	43	44	187,2	6,0	120	354,26	4,02
52	44	45	180,9	6,0	120	354,26	4,02
53	45	46	301,6	6,0	120	354,26	4,02
54	46	47	42,8	6,0	120	354,26	4,02

ID Línea	Nodos		Longitud (ft)	Diámetro (in)	Rugosidad	Caudal (gpm)	Velocidad (ft/s)
	Inicio	Final					
55	48	49	66,8	6,0	120	354,26	4,02
56	49	CM-02	40,2	4,0	120	100,00	2,55
57	49	50	23,0	2,0	120	254,26	25,97
58	50	RC-19	9,6	1,0	120	40,69	16,62
59	50	RC-20	31,1	2,0	120	213,57	21,81
60	RC-20	51	15,6	2,0	120	176,14	17,99
61	51	52	15,7	2,0	120	176,14	17,99
62	52	RC-21	8,9	1,0	120	53,65	21,92
63	RC-21	RC-22	20,9	1,0	120	25,28	10,33
64	52	RC-23	16,4	1,5	120	122,49	22,24
65	RC-23	53	9,0	1,5	120	95,01	17,25
66	53	54	19,6	1,5	120	95,01	17,25
67	54	55	15,0	1,5	120	62,15	11,28
68	55	57	14,7	1,5	120	31,47	5,71
69	54	RC-24	7,3	1,0	120	32,86	13,42
70	RC-24	RC-25	15,0	1,0	120	15,68	6,41
71	55	56	17,2	1,5	120	30,68	5,57
72	56	RC-26	11,1	1,0	120	15,48	6,32
73	56	RC-27	14,2	1,0	120	15,21	6,21
74	57	RC-28	4,3	1,5	120	31,47	5,71
75	RC-28	RC-29	15,0	1,0	120	15,01	6,13
Bomba	1	2	-	-	120	354,26	0,00
VA-02	47	48	-	6,0	120	354,26	4,02

## Resultados Nodos de Descarga

**Tabla 17.** Resultados nodos de descarga edificio L7-86 – piso 13 red acero

ID Nodo	Presión (psi)	Tpo Nodo	Puntos trabajo de		Entrada de Caudal (gpm)	Factor K	Presión Mínima (psi)	Caudal Mínimo (gpm)	Caudal Descarga (gpm)
			Caudal (gpm)	Presión (psi)					
Tanque	0,00	Embalse							
Bomba	155,71	Bomba	0	155	354,26				
			500	150					
			750	125					
CM-02	75,09	Manguera				11,57	75,0	100,00	100,00
RC-19	52,78	Rociador				5,6	7,0	14,82	40,69
RC-20	44,67	Rociador				5,6	7,0	14,82	37,43
RC-21	25,67	Rociador				5,6	7,0	14,82	28,37
RC-22	20,37	Rociador				5,6	7,0	14,82	25,28
RC-23	24,08	Rociador				5,6	7,0	14,82	27,48
RC-24	9,41	Rociador				5,6	7,0	14,82	17,18
RC-25	7,84	Rociador				5,6	7,0	14,82	15,68
RC-26	7,64	Rociador				5,6	7,0	14,82	15,48
RC-27	7,37	Rociador				5,6	7,0	14,82	15,21
RC-28	8,64	Rociador				5,6	7,0	14,82	16,46
RC-29	7,18	Rociador				5,6	7,0	14,82	15,01

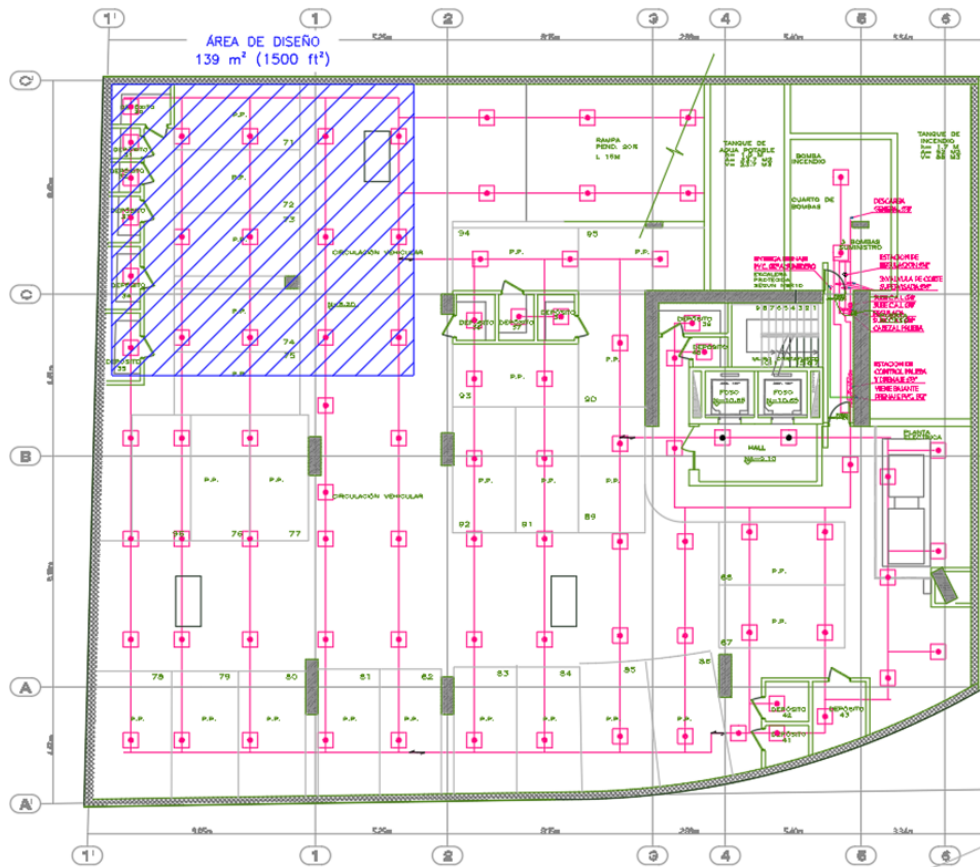
- Simulación No. 2 – tubería contra incendio en CPVC

### Planta Sótano 3

La siguiente modelación correspondió al sistema de rociadores automáticos y sistema de mangueras propuesto para la Planta Sótano 3 del Edificio L7-86, considerado el punto más cercano y favorable al sistema de bombeo contra incendio.

De acuerdo con el método de Área/Densidad según NFPA 13, en la Planta sótano 3 se establece una tasa mínima de aplicación de  $6,1 \text{ Lpm/m}^2$  ( $0,15 \text{ gpm/ft}^2$ ) para un área de diseño de  $139 \text{ m}^2$  ( $1.500 \text{ ft}^2$ ); en este caso la apertura de dieciocho (18) rociadores y una (1) manguera como puede consultarse en la siguiente figura.

**Figura 4.** Distribución espacial de la red en el sótano 3– edificio L7-86 red CPVC



## Resultados Tramos de Tubería

**Tabla 18.** Resultados tramos de tubería edificio L7-86 – sótano 3 red CPVC

ID Línea	Nodos		Longitud (ft)	Diámetro (in)	Rugosidad	Caudal (gpm)	Velocidad (ft/s)
	Inicio	Final					
1	Tanque	1	12,8	6,0	150	640,25	7,27
3	2	3	40,9	6,0	150	640,25	7,27
5	3	4	31,0	6,0	150	640,25	7,26
6	4	5	49,2	6,0	150	640,25	7,26
7	6	7	53,5	3,0	120	640,25	29,06
8	7	8	22,9	3,0	120	500,94	22,74
9	8	CM-01	40,2	3,0	120	253,88	11,52
10	8	10	17,1	2,0	120	247,06	25,23
11	10	11	43,3	2,0	120	212,94	21,75
12	11	12	78,8	2,0	120	212,94	21,75
13	7	9	14,9	2,0	120	139,31	14,23
14	9	14	97,2	2,0	120	139,31	14,23
15	14	13	114,2	2,0	120	139,31	14,23
16	10	13	66,1	1,0	120	34,12	13,94
17	13	15	58,8	2,0	120	173,43	17,71
18	15	RC-01	79,1	1,0	120	16,87	6,89
19	12	RC-01	15,2	1,0	120	17,46	7,13
20	12	RC-02	12,9	2,0	120	195,47	19,96
21	RC-02	RC-03	33,1	2,0	120	162,54	16,60
22	RC-03	16	25,0	2,0	120	134,21	13,71
23	16	17	12,8	2,0	120	134,21	13,71
24	17	RC-06	18,1	1,0	120	28,90	11,80
25	RC-06	RC-05	18,1	1,0	120	9,10	3,72
26	RC-04	RC-05	18,1	1,0	120	10,14	4,14
27	18	RC-04	84,1	1,0	120	30,06	12,28
28	15	18	19,8	2,0	120	156,57	15,99
29	17	19	19,8	2,0	120	105,31	10,75
30	19	RC-09	18,1	1,0	120	26,14	10,68
31	RC-09	RC-08	18,1	1,0	120	7,50	3,06
32	RC-07	RC-08	18,1	1,0	120	10,73	4,38
33	20	RC-07	79,1	1,0	120	29,75	12,15
34	18	20	19,8	2,0	120	126,50	12,92
35	19	21	19,8	2,0	120	79,17	8,09
36	21	RC-12	18,1	1,0	120	24,64	10,07
37	RC-12	RC-11	18,1	1,0	120	6,79	2,77
38	RC-10	RC-11	18,1	1,0	120	10,71	4,37
39	22	RC-10	79,1	1,0	120	29,02	11,85
40	20	22	19,8	2,0	120	96,75	9,88
41	21	23	16,6	2,0	120	54,53	5,57
42	23	RC-18	3,2	1,5	120	54,53	9,90
43	RC-18	RC-17	12,7	1,5	120	33,97	6,17
44	RC-16	RC-17	12,7	1,5	120	-14,00	2,54
45	RC-15	RC-16	13,2	1,5	120	5,85	1,06
46	RC-14	RC-15	15,6	1,5	120	25,72	4,67

ID Línea	Nodos		Longitud (ft)	Diámetro (in)	Rugosidad	Caudal (gpm)	Velocidad (ft/s)
	Inicio	Final					
47	RC-13	RC-14	17,4	1,5	120	46,03	8,36
48	24	RC-13	94,8	1,5	120	67,73	12,30
49	22	24	16,6	2,0	120	67,73	6,92
Bomba	1	2	-	-	120	640,25	0,00
VA-01	5	6	-	3,0	120	640,25	29,06

## Resultados Nodos de Descarga

**Tabla 19.** Resultados tramos de tubería edificio L7-86 – sótano 3 red CPVC

ID Nodo	Presión (psi)	Tipo Nodo	Puntos de trabajo		Entrada de Caudal (gpm)	Factor K	Presión Mínima (psi)	Caudal Mínimo (gpm)	Caudal Descarga (gpm)
			Caudal (gpm)	Presión (psi)					
Tanque	0,00	Embalse							
Bomba	141,81	Bomba	0	155	640,25				
			500	150					
			750	125					
CM-01	103,13	Manguera				25,0	100,0	250,00	253,88
RC-01	37,58	Rociador				5,6	7,0	14,82	34,33
RC-02	34,59	Rociador				5,6	7,0	14,82	32,94
RC-03	25,59	Rociador				5,6	7,0	14,82	28,33
RC-04	12,65	Rociador				5,6	7,0	14,82	19,92
RC-05	11,81	Rociador				5,6	7,0	14,82	19,24
RC-06	12,50	Rociador				5,6	7,0	14,82	19,80
RC-07	11,54	Rociador				5,6	7,0	14,82	19,02
RC-08	10,60	Rociador				5,6	7,0	14,82	18,23
RC-09	11,08	Rociador				5,6	7,0	14,82	18,64
RC-10	10,70	Rociador				5,6	7,0	14,82	18,31
RC-11	9,76	Rociador				5,6	7,0	14,82	17,50
RC-12	10,16	Rociador				5,6	7,0	14,82	17,85
RC-13	15,01	Rociador				5,6	7,0	14,82	21,70
RC-14	13,16	Rociador				5,6	7,0	14,82	20,31
RC-15	12,59	Rociador				5,6	7,0	14,82	19,87
RC-16	12,56	Rociador				5,6	7,0	14,82	19,85
RC-17	12,71	Rociador				5,6	7,0	14,82	19,97
RC-18	13,48	Rociador				5,6	7,0	14,82	20,56

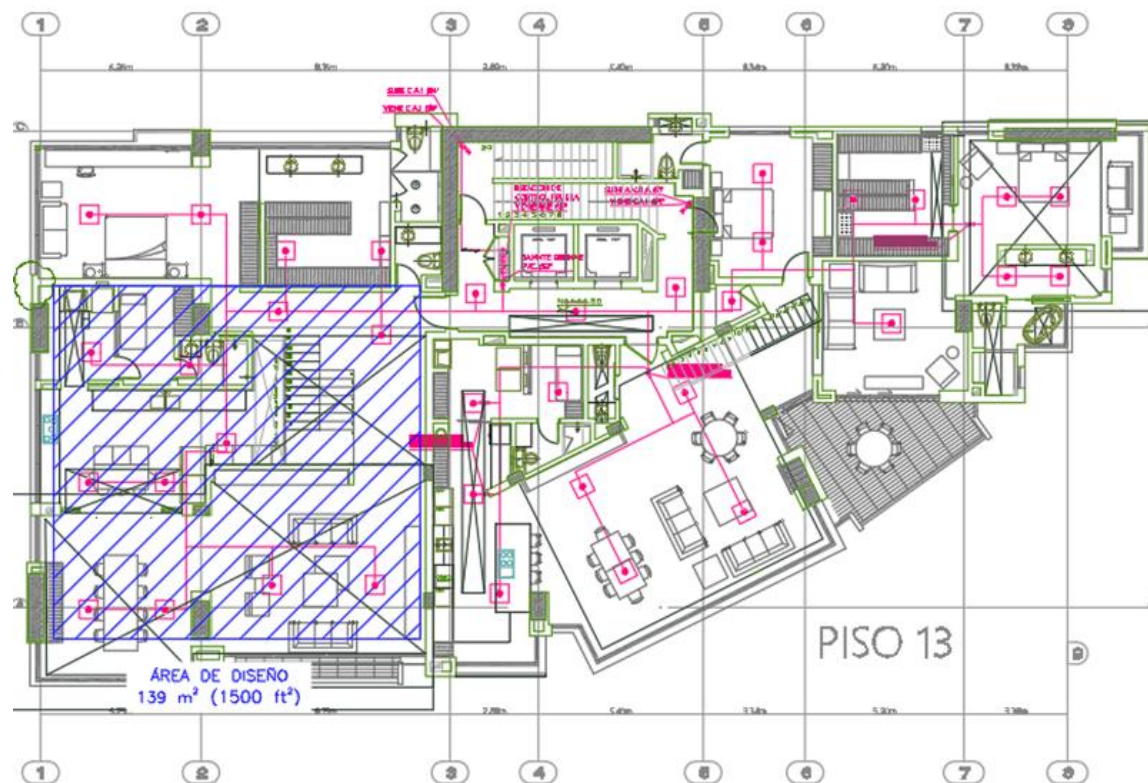
## Planta Piso 13

La siguiente modelación correspondió al sistema de rociadores automáticos y sistema de mangueras propuesto para la Planta Piso 13 del Edificio L7-86, considerado el punto más lejano y desfavorable al sistema de bombeo contra incendio.



De acuerdo con el método de Área/Densidad según NFPA 13, en la Planta Piso 13 se establece una tasa mínima de aplicación de 4,1 Lpm/m<sup>2</sup> (0,10 gpm/ft<sup>2</sup>) para un área de diseño de 139 m<sup>2</sup> (1.500 ft<sup>2</sup>); en este caso la apertura de once (11) rociadores y una (1) manguera como puede consultarse en la siguiente figura.

**Figura 5.** Distribución espacial de la red en el piso 13 – edificio L7-86 red CPVC



## Resultados Tramos de Tubería

**Tabla 20.** Resultados tramos de tubería edificio L7-86 – piso 13 red CPVC

ID Línea	Nodos		Longitud (ft)	Diámetro (in)	Rugosidad	Caudal (gpm)	Velocidad (ft/s)
	Inicio	Final					
1	Tanque	1	12,8	6,0	150	393,02	4,46
3	2	3	40,9	6,0	150	393,02	4,46
50	3	43	35,6	6,0	150	393,02	4,46
51	43	44	187,2	6,0	150	393,02	4,46
52	44	45	180,9	6,0	150	393,02	4,46
53	45	46	301,6	6,0	150	393,02	4,46
54	46	47	42,8	6,0	150	393,02	4,46
55	48	49	66,8	6,0	150	393,02	4,46
56	49	CM-02	40,2	4,0	150	100,35	2,56

ID Línea	Nodos		Longitud (ft)	Diámetro (in)	Rugosidad	Caudal (gpm)	Velocidad (ft/s)
	Inicio	Final					
57	49	50	23,0	2,0	150	292,67	29,89
58	50	RC-19	9,6	1,0	150	42,27	17,27
59	50	RC-20	31,1	2,0	150	250,40	25,57
60	RC-20	51	15,6	2,0	150	211,31	21,58
61	51	52	15,7	2,0	150	211,31	21,58
62	52	RC-21	8,9	1,0	150	60,93	24,89
63	RC-21	RC-22	20,9	1,0	150	29,28	11,96
64	52	RC-23	16,4	1,5	150	150,38	27,30
65	RC-23	53	9,0	1,5	150	120,11	21,81
66	53	54	19,6	1,5	150	120,11	21,81
67	54	55	15,0	1,5	150	78,99	14,34
68	55	57	14,7	1,5	150	39,82	7,23
69	54	RC-24	7,3	1,0	150	41,12	16,80
70	RC-24	RC-25	15,0	1,0	150	19,94	8,15
71	55	56	17,2	1,5	150	39,16	7,11
72	56	RC-26	11,1	1,0	150	19,70	8,05
73	56	RC-27	14,2	1,0	150	19,47	7,95
74	57	RC-28	4,3	1,5	150	39,82	7,23
75	RC-28	RC-29	15,0	1,0	150	19,31	7,89
Bomba	1	2	-	-	150	393,02	0,00
VA-02	47	48	-	6,0	150	393,02	4,46

## Resultados Nodos de Descarga

**Tabla 21.** Resultados nodos de descarga edificio L7-86 – piso 13 red CPVC

ID Nodo	Presión (psi)	Tipo Nodo	Puntos de trabajo		Entrada de Caudal (gpm)	Factor K	Presión Mínima (psi)	Caudal Mínimo (gpm)	Caudal Descarga (gpm)
			Caudal (gpm)	Presión (psi)					
Tanque	0,00	Embalse							
Bomba	155,09	Bomba	0	155	393,02				
			500	150					
			750	125					
CM-02	75,61	Manguera				11,57	75,0	100,00	100,35
RC-19	56,99	Rociador				5,6	7,0	14,82	42,27
RC-20	48,73	Rociador				5,6	7,0	14,82	39,09
RC-21	31,94	Rociador				5,6	7,0	14,82	31,65
RC-22	27,34	Rociador				5,6	7,0	14,82	29,28
RC-23	29,22	Rociador				5,6	7,0	14,82	30,27
RC-24	14,30	Rociador				5,6	7,0	14,82	21,18
RC-25	12,68	Rociador				5,6	7,0	14,82	19,94
RC-26	12,37	Rociador				5,6	7,0	14,82	19,70
RC-27	12,08	Rociador				5,6	7,0	14,82	19,47
RC-28	13,42	Rociador				5,6	7,0	14,82	20,51
RC-29	11,89	Rociador				5,6	7,0	14,82	19,31



## 6.2 PRESUPUESTO DE LAS REDES

A partir de los diseños hidráulicos obtenidos, se procede a calcular los costos asociados con la construcción de cada una de las redes contraincendio en acero al carbón y CPVC – Blazemaster. El detalle de las cotizaciones y APU se presenta en el Anexo Presupuesto:

**Tabla 22.** Presupuesto para la construcción de la red contraincendio del edificio L7-86 en acero al carbón.

Código	Descripción	Und	Cantidad	Precio Unitario	Costo
<b>01</b>	<b>TUBERÍA Y ACCESORIOS RED PRINCIPAL &amp; VERTICAL</b>				
01	TUB. ACERO A795 RANURADA 6"	ML	254.00	103,251.00	26,225,754.00
02	TUB. ACERO A795 RANURADA 4"	ML	21.00	83,304.00	1,749,384.00
03	TUB. ACERO SCH40 1"	ML	11.00	18,438.00	202,818.00
04	TEE RANURADO 6"	UN	9.00	95,942.00	863,478.00
05	TEE MECANICA RANURADO 6"	UN	56.00	44,605.00	2,497,880.00
06	CODO RANURADO 6"	UN	12.00	73,695.00	884,340.00
07	REDUCCION RANURADO 6"	UN	9.00	53,226.00	479,034.00
08	TEE MECANICA RANURADO 4"	UN	9.00	34,300.00	308,700.00
09	REDUCCION RANURADO 4"	UN	5.00	32,095.00	160,475.00
10	ACOPLE RANURADO 6"	UN	103.00	33,973.00	3,499,219.00
11	ACOPLE RANURADO 4"	UN	20.00	22,539.00	450,780.00
12	ACOPLE RANURADO 2"	UN	58.00	15,744.00	913,152.00
13	ACCESORIO ACERO ROSC. 1"	UN	12.00	4,288.00	51,456.00
					<b>38,286,470.00</b>
<b>02</b>	<b>TUBERÍA Y ACCESORIOS ZONAS COMUNES</b>				
01	TUB. ACERO A795 RANURADA 2"	ML	412.00	41,338.00	17,031,256.00
02	TUB. ACERO A795 RANURADA 1-1/4"	ML	977.00	27,187.00	26,561,699.00
03	TUB. ACERO SCH40 1"	ML	32.00	18,438.00	590,016.00
04	TEE RANURADO 2"	UN	30.00	26,788.00	803,640.00
05	TEE MECANICA RANURADO 2"	UN	25.00	17,430.00	435,750.00
06	CODO RANURADO 2"	UN	62.00	23,602.00	1,463,324.00
07	REDUCCION RANURADO 2"	UN	15.00	18,160.00	272,400.00
08	TAPON RANURADO 2"	UN	9.00	17,847.00	160,623.00
09	ACOPLE RANURADO 2"	UN	325.00	15,744.00	5,116,800.00
10	STRAP RANURADO 2"	UN	88.00	14,247.00	1,253,736.00
11	STRAP RANURADO 1-1/4"	UN	304.00	12,703.00	3,861,712.00

Código	Descripción	Und	Cantidad	Precio Unitario	Costo
12	ACOPLE RANURADO 1-1/4"	UN	180.00	11,994.00	2,158,920.00
13	ACCESORIO ACERO ROSC. 1"	UN	12.00	4,288.00	51,456.00
14	TUB. ACERO A795 RANURADA 2"	ML	179.00	41,338.00	7,399,502.00
15	TUB. ACERO A795 RANURADA 1-1/2"	ML	221.00	34,200.00	7,558,200.00
16	TUB. ACERO SCH40 1"	ML	35.00	18,438.00	645,330.00
17	CODO RANURADO 2"	UN	179.00	23,602.00	4,224,758.00
18	CODO RANURADO 1 1/2"	UN	126.00	18,720.00	2,358,720.00
19	ACCESORIO ACERO ROSC. 1"	UN	41.00	4,288.00	175,808.00
20	TUB. PVC-P RDE 21 2"	ML	62.00	14,442.00	895,404.00
21	ACCESORIO PVC-PRESION 2"	UN	33.00	7,223.00	238,359.00
					<b>83,257,413.00</b>
<b>03</b>	<b>TUBERÍA Y ACCESORIOS APARTAMENTOS</b>				
01	TUB. ACERO A795 RANURADA 1-1/2"	ML	200.00	34,200.00	6,840,000.00
02	TUB. ACERO A795 RANURADA 1-1/4"	ML	432.00	27,187.00	11,744,784.00
03	TUB. ACERO SCH40 1"	ML	527.00	18,438.00	9,716,826.00
04	TUB. ACERO SCH40 1"	ML	500.00	18,438.00	9,219,000.00
05	CODO RANURADO 1 1/2"	UN	128.00	18,720.00	2,396,160.00
06	STRAP RANURADO 1-1/4"	UN	314.00	12,703.00	3,988,742.00
07	ACCESORIO ACERO ROSC. 1"	UN	328.00	4,288.00	1,406,464.00
08	ACCESORIO ACERO ROSC. 1"	UN	328.00	4,288.00	1,406,464.00
					<b>46,718,440.00</b>
<b>04</b>	<b>GABINETES Y TOMAS DE MANGUERAS</b>				
01	TOMA BOMBEROS 2-1/2"	UN	30.00	318,209.00	9,546,270.00
02	M.O. CONEXIÓN GABINETE DE INCENDIO	UN	30.00	51,846.00	1,555,380.00
03	EXTINTOR ABC 10Lb	UN	28.00	71,743.00	2,008,804.00
					<b>13,110,454.00</b>
<b>05</b>	<b>ESTACION REGULADORA DE PRESION</b>				
01	TUB. ACERO A795 RANURADA 6"	ML	1.00	103,251.00	103,251.00
02	ACCESORIO RANURADO 6"	UN	12.00	79,906.00	958,872.00
03	TUB. ACERO A795 RANURADA 4"	ML	2.00	83,304.00	166,608.00
04	ACCESORIO RANURADO 4"	UN	8.00	46,516.00	372,128.00
05	TUB. ACERO A795 RANURADA 2"	ML	2.00	41,338.00	82,676.00
06	ACCESORIO RANURADO 2"	UN	8.00	21,456.00	171,648.00
07	ACOPLE RANURADO 6"	UN	6.00	33,973.00	203,838.00

Código	Descripción	Und	Cantidad	Precio Unitario	Costo
08	ACOPLE RANURADO 4"	UN	16.00	22,539.00	360,624.00
09	ACOPLE RANURADO 2"	UN	18.00	15,744.00	283,392.00
10	VALV. REGULADORA DE PRESION 4"	UN	1.00	5,192,828.00	5,192,828.00
11	VAL. MARIPOSA/DAMPER INDICAD 4"	UN	3.00	488,530.00	1,465,590.00
12	VAL. MARIPOSA/DAMPER INDICAD 6"	UN	1.00	596,142.00	596,142.00
13	VALV. REGULADORA DE PRESION 2"	UN	1.00	2,097,500.00	2,097,500.00
14	VAL. MARIPOSA/DAMPER INDICAD 2"	UN	2.00	345,870.00	691,740.00
15	MANOMETROS GLICERINA 200 PSI DIAL 2"	UN	4.00	48,762.00	195,048.00
16	VALV. DE ALIVIO 1"	UN	2.00	338,039.00	676,078.00
					<b>13,617,963.00</b>
<b>06</b>	<b>VALVULAS</b>				
01	SIAMESA 4 x 2-1/2 x 2-1/2"	UN	2.00	516,520.00	1,033,040.00
02	CHEQUE HIDRO RANURADO 4"	UN	2.00	352,008.00	704,016.00
03	VAL. MARIPOSA/DAMPER INDICAD 6"	UN	6.00	596,142.00	3,576,852.00
04	VAL. MARIPOSA/DAMPER INDICAD 2"	UN	17.00	345,870.00	5,879,790.00
05	CHEQUE HIDRO RANURADO 2"	UN	17.00	229,583.00	3,902,911.00
06	SENSOR DE FLUJO 2"	UN	17.00	404,217.00	6,871,689.00
07	VALV. DE ALIVIO 1/2"	UN	17.00	250,422.00	4,257,174.00
08	VALV. PRUEBA Y DRENAJE 2"	UN	17.00	575,375.00	9,781,375.00
09	MANOMETROS GLICERINA 200 PSI DIAL 2"	UN	21.00	48,762.00	1,024,002.00
10	STRAP RANURADO 2"	UN	17.00	14,247.00	242,199.00
11	VALV. BOLA PVC 1"	UN	4.00	114,449.50	457,798.00
12	VALV. EXPULSORA AIRE 1"	UN	4.00	94,148.00	376,592.00
13	M.O.CONEX. SIAMESA 4 x 2-1/2 x 2-1/2"	UN	2.00	197,493.00	394,986.00
					<b>38,502,424.00</b>
<b>07</b>	<b>ROCIADORES COMUNES</b>	<b>ZONAS</b>			
01	PUNTO HIDRAULICO ROCIADOR 1/2"	UN	411.00	36,778.00	15,115,758.00
02	ROCIADOR 1/2" K=5.6 155/68 QR SC BR OCULTO PD	UN	79.00	34,510.00	2,726,290.00
03	ROCIADOR 1/2" K=5.6 155/68 QR SC BR UP	UN	332.00	20,276.00	6,731,632.00
04	M.O. CONEXIÓN ROCIADOR	UN	411.00	19,460.00	7,998,060.00
05	ESCUDO BLANCO PARA ROCIADOR OCULTO 1/2"	UN	79.00	16,198.00	1,279,642.00
06	ROCIADOR 1/2" K=5.6 155/68 QR	UN	12.00	34,510.00	414,120.00

Código	Descripción	Und	Cantidad	Precio Unitario	Costo
07	SC BR OCULTO PD ROCIADOR ½" K=5.6 155/68 QR SC BR UP	UN	12.00	20,276.00	243,312.00
					<b>34,508,814.00</b>
<b>08</b>	<b>ROCIADORES APARTAMENTOS</b>				
01	PUNTO HIDRAULICO ROCIADOR ½"	UN	459.00	36,778.00	16,881,102.00
02	ROCIADOR ½" K=5.6 155/68 QR SC BR OCULTO PD	UN	459.00	34,510.00	15,840,090.00
03	M.O. CONEXIÓN ROCIADOR	UN	459.00	19,460.00	8,932,140.00
04	ESCUDO BLANCO PARA ROCIADOR OCULTO ½"	UN	459.00	16,198.00	7,434,882.00
					<b>49,088,214.00</b>
<b>09</b>	<b>PINTURA TUBERÍA INCENDIO</b>				
01	PINTURA TUBERÍA INCENDIO 6"	ML	254.00	9,433.00	2,395,982.00
02	PINTURA TUBERÍA INCENDIO 4"	ML	21.00	7,835.00	164,535.00
03	PINTURA TUBERÍA INCENDIO 2"	ML	412.00	5,237.00	2,157,644.00
04	PINTURA TUBERÍA INCENDIO 1- 1/2"	ML	421.00	4,013.00	1,689,473.00
04	PINTURA TUBERÍA INCENDIO 1- 1/4"	ML	1,409.00	4,013.00	5,654,317.00
05	PINTURA TUBERÍA INCENDIO 1"	ML	1,027.00	3,938.00	4,044,326.00
					<b>16,106,277.00</b>
<b>10</b>	<b>SOPORTES Y ABRAZADERAS</b>				
01	SOPORTE SISMORESISTENTE TRANSV. 2"	UN	52.00	84,379.00	4,387,708.00
02	SOPORTE SISMO RESISTENTE LONG. 2"	UN	30.00	101,464.00	3,043,920.00
03	SOPORTE SISMORESISTENTE CUATRO VIAS 6"	UN	10.00	245,103.00	2,451,030.00
04	ABRAZADERA UL 6"	UN	127.00	12,704.00	1,613,408.00
05	ABRAZADERA UL 4"	UN	11.00	9,331.00	102,641.00
06	ABRAZADERA UL 2"	UN	296.00	6,934.00	2,052,464.00
07	ABRAZADERA UL 1-1/2"	UN	408.00	6,966.00	2,842,128.00
08	ABRAZADERA UL 1-1/4"	UN	705.00	6,354.00	4,479,570.00
09	ABRAZADERA UL 1"	UN	303.00	6,190.00	1,875,570.00
	ABRAZADERAS ¾"	UN	250.00	5,418.00	1,354,500.00
					<b>24,202,939.00</b>
<b>11</b>	<b>CUARTO DE BOMBAS INCENDIO</b>				
01	PLACA ANTIVORTICE 6"	UN	1.00	219,688.00	219,688.00
02	NIPLE PASAMURO INOX. 6"	UN	1.00	901,340.00	901,340.00
03	NIPLE PASAMURO INOX. 2"	UN	1.00	194,514.00	194,514.00

Código	Descripción	Und	Cantidad	Precio Unitario	Costo
04	PASES EN PVC 4"	UN	2.00	8,482.00	16,964.00
05	PASES EN PVC 2"	UN	1.00	6,316.00	6,316.00
06	TUB. ACERO SCH40 6"	ML	4.00	179,765.00	719,060.00
07	TUB. ACERO SCH40 6"	ML	22.00	179,765.00	3,954,830.00
08	TUB. ACERO SCH40 2"	ML	10.00	48,631.00	486,310.00
09	CODO RANURADO 6"	UN	1.00	73,695.00	73,695.00
10	CODO RANURADO 6"	UN	16.00	73,695.00	1,179,120.00
11	CODO RANURADO 2"	UN	8.00	23,602.00	188,816.00
12	TEE RANURADO 6"	UN	3.00	95,942.00	287,826.00
13	TEE MECANICA RANURADO 6"	UN	1.00	44,605.00	44,605.00
14	TEE MECANICA RANURADO 6"	UN	1.00	44,605.00	44,605.00
15	REDUCCION RANURADO 6"	UN	1.00	53,226.00	53,226.00
16	REDUCCION RANURADO 2"	UN	1.00	18,160.00	18,160.00
17	BRIDA RANURADA 6"	UN	2.00	123,002.00	246,004.00
18	BRIDA RANURADA 4"	UN	1.00	96,442.00	96,442.00
19	BRIDA RANURADA 3"	UN	1.00	77,417.00	77,417.00
20	BRIDA RANURADA 2-1/2"	UN	2.00	65,653.00	131,306.00
21	BRIDA RANURADA 2"	UN	2.00	51,814.00	103,628.00
22	ACOPLE FLEXIBLE RANURADO 6"	UN	2.00	38,979.00	77,958.00
23	ACOPLE FLEXIBLE RANURADO 6"	UN	2.00	38,979.00	77,958.00
24	ACOPLE RANURADO 6"	UN	9.00	33,973.00	305,757.00
25	ACOPLE RANURADO 6"	UN	61.00	33,973.00	2,072,353.00
26	ACOPLE RANURADO 4"	UN	1.00	22,539.00	22,539.00
27	ACOPLE RANURADO 3"	UN	1.00	21,036.00	21,036.00
28	ACOPLE RANURADO 2"	UN	33.00	15,744.00	519,552.00
29	ACOPLE RANURADO 1-1/2"	UN	2.00	13,817.00	27,634.00
30	ACOPLE REDUCIDO RANURADO 2-1/2"	UN	2.00	27,740.00	55,480.00
31	COPA EXCENTRICA 6"	UN	1.00	133,991.00	133,991.00
32	COPA EXCENTRICA 2"	UN	1.00	102,858.00	102,858.00
33	VALV. OS&Y VAST. ASC. 6"	UN	1.00	2,296,775.00	2,296,775.00
34	VALV. OS&Y VAST. ASC. 2-1/2"	UN	1.00	819,165.00	819,165.00
35	VAL. MARIPOSA/DAMPER INDICAD 6"	UN	5.00	596,142.00	2,980,710.00
36	VAL. MARIPOSA/DAMPER INDICAD 2"	UN	2.00	345,870.00	691,740.00
37	CHEQUE HIDRO RANURADO 6"	UN	1.00	624,753.00	624,753.00
38	CHEQUE HIDRO RANURADO 2"	UN	1.00	229,583.00	229,583.00
39	MANOMETROS GLICERINA 200 PSI DIAL 2"	UN	4.00	48,762.00	195,048.00
40	CABEZAL DE PRUEBA 6 x 3 x 2-1/2"	UN	1.00	1,197,757.40	1,197,757.40
41	CAUDALIMETRO RANURADO 6"	UL/FM #N/A	1.00	NO SE COTIZA (ESTA EN EQUIPO)	
42	VALVULA DE ALIVIO RANURADO 6"	UL/FM #N/A	1.00	NO SE COTIZA (ESTA EN	

Código	Descripción	Und	Cantidad	Precio Unitario	Costo
43	CONO VISOR UL/FM RANURADO 6"	#N/A	1.00	EQUIPO) NO SE COTIZA (ESTA EN EQUIPO)	
44	ABRAZADERA UL 6"	UN	16.00	12,704.00	203,264.00
45	ABRAZADERA UL 2"	UN	12.00	6,934.00	83,208.00
46	SOPORTE SISMORESISTENTE TRANSV. 6"	UN	1.00	118,076.00	118,076.00
47	SOPORTE SISMO RESISTENTE LONG. 6"	UN	1.00	127,766.00	127,766.00
48	PINTURA TUBERÍA INCENDIO 6"	ML	4.00	9,433.00	37,732.00
49	PINTURA TUBERÍA INCENDIO 6"	ML	22.00	9,433.00	207,526.00
50	PINTURA TUBERÍA INCENDIO 2"	ML	10.00	5,237.00	52,370.00
51	LINEA DE SENSADO	UN	2.00	315,903.00	631,806.00
52	M.O. CONEX. BOMBA PRINCIPAL	UN	1.00	1,458,001.00	1,458,001.00
53	M.O. CONEX. BOMBA JOCKEY	UN	1.00	522,073.00	522,073.00
					<b>24,938,341.40</b>
<b>12</b>	<b>OBRAS COMPLEMENTARIAS</b>				
01	ELABORACION PLANOS RECORD	UN	20.00	10,133.00	202,660.00
02	ELABORACION MANUAL DE OPERACIÓN Y MTTO	GL	1.00	759,945.00	759,945.00
					<b>962,605.00</b>
<b>SUBTOTAL PRESUPUESTO</b>					<b>383,300,354.40</b>
ADMINISTRACION			11.0%		42,163,038.98
IMPREVISTOS			4.0%		15,332,014.18
UTILIDAD			5.0%		19,165,017.72
IVA SOBRE UTILIDAD			19.0%		3,641,353.37
<b>TOTAL PRESUPUESTO</b>					<b>463,601,778.65</b>

Nota: Los costos acá reportados incluyen lo asociado con la mano de obra requerida para la actividad. No se incluye el costo del equipo de bombeo ya que no es objeto de comparación (120 millones aproximadamente)

**Tabla 23.** Presupuesto para la construcción de la red contraincendio del edificio L7-86 en CPVC.

<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>Und</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Costo</b>
<b>01</b>	<b>TUBERÍA Y ACCESORIOS RED PRINCIPAL &amp; VERTICAL</b>				
01	TUB. ACERO A795 RANURADA 6"	ML	254.00	103,251.00	26,225,754.00
02	TUB. ACERO A795 RANURADA 4"	ML	21.00	83,304.00	1,749,384.00
03	TUB. ACERO SCH40 1"	ML	11.00	18,438.00	202,818.00
04	TEE RANURADO 6"	UN	9.00	95,942.00	863,478.00
05	TEE MECANICA RANURADO 6"	UN	56.00	44,605.00	2,497,880.00
06	CODO RANURADO 6"	UN	12.00	73,695.00	884,340.00
07	REDUCCION RANURADO 6"	UN	9.00	53,226.00	479,034.00
08	TEE MECANICA RANURADO 4"	UN	9.00	34,300.00	308,700.00
09	REDUCCION RANURADO 4"	UN	5.00	32,095.00	160,475.00
10	ACOPLE RANURADO 6"	UN	103.00	33,973.00	3,499,219.00
11	ACOPLE RANURADO 4"	UN	20.00	22,539.00	450,780.00
12	ACOPLE RANURADO 2"	UN	58.00	15,744.00	913,152.00
13	ACCESORIO ACERO ROSC. 1"	UN	12.00	4,288.00	51,456.00
					<b>38,286,470.00</b>
<b>02</b>	<b>TUBERÍA Y ACCESORIOS ZONAS COMUNES</b>				
01	TUB. ACERO A795 RANURADA 2"	ML	412.00	41,338.00	17,031,256.00
02	TUB. ACERO A795 RANURADA 1-1/4"	ML	977.00	27,187.00	26,561,699.00
03	TUB. ACERO SCH40 1"	ML	32.00	18,438.00	590,016.00
04	TEE RANURADO 2"	UN	30.00	26,788.00	803,640.00
05	TEE MECANICA RANURADO 2"	UN	25.00	17,430.00	435,750.00
06	CODO RANURADO 2"	UN	62.00	23,602.00	1,463,324.00
07	REDUCCION RANURADO 2"	UN	15.00	18,160.00	272,400.00
08	TAPON RANURADO 2"	UN	9.00	17,847.00	160,623.00
09	ACOPLE RANURADO 2"	UN	325.00	15,744.00	5,116,800.00
10	STRAP RANURADO 2"	UN	88.00	14,247.00	1,253,736.00
11	STRAP RANURADO 1-1/4"	UN	304.00	12,703.00	3,861,712.00
12	ACOPLE RANURADO 1-1/4"	UN	180.00	11,994.00	2,158,920.00
13	ACCESORIO ACERO ROSC. 1"	UN	12.00	4,288.00	51,456.00
14	TUB. BLAZEMASTER 2"	ML	179.00	64,850.00	11,608,150.00
15	TUB. BLAZEMASTER 1-1/2"	ML	221.00	44,686.00	9,875,606.00
16	TUB. BLAZEMASTER 1"	ML	35.00	21,785.00	762,475.00
17	ACCESORIO BLAZEMASTER 2"	UN	179.00	29,004.00	5,191,716.00
18	ACCESORIO BLAZEMASTER 1-1/2"	UN	126.00	20,561.00	2,590,686.00
19	ACCESORIO BLAZEMASTER 1"	UN	41.00	10,156.00	416,396.00
20	TUB. PVC-P RDE 21 2"	ML	62.00	14,442.00	895,404.00
21	ACCESORIO PVC-PRESION 2"	UN	33.00	7,223.00	238,359.00
					<b>91,340,124.00</b>

Código	Descripción	Und	Cantidad	Precio Unitario	Costo
<b>03</b>	<b>TUBERÍA Y ACCESORIOS APARTAMENTOS</b>				
01	TUB. BLAZEMASTER 1-1/2"	ML	200.00	62,560.40	12,512,080.00
02	TUB. BLAZEMASTER 1-1/4"	ML	432.00	46,452.00	20,067,264.00
03	TUB. BLAZEMASTER 1"	ML	527.00	30,499.00	16,072,973.00
04	TUB. BLAZEMASTER 3/4"	ML	500.00	20,491.80	10,245,900.00
05	ACCESORIO BLAZEMASTER 1-1/2"	UN	128.00	28,785.40	3,684,531.20
06	ACCESORIO BLAZEMASTER 1-1/4"	UN	314.00	20,448.40	6,420,797.60
07	ACCESORIO BLAZEMASTER 1"	UN	328.00	14,218.40	4,663,635.20
08	ACCESORIO BLAZEMASTER 3/4"	UN	328.00	8,163.40	2,677,595.20
					<b>76,344,776.20</b>
<b>04</b>	<b>GABINETES Y TOMAS DE MANGUERAS</b>				
01	TOMA BOMBEROS 2-1/2"	UN	30.00	318,209.00	9,546,270.00
02	M.O. CONEXIÓN GABINETE DE INCENDIO	UN	30.00	51,846.00	1,555,380.00
03	EXTINTOR ABC 10Lb	UN	28.00	71,743.00	2,008,804.00
					<b>13,110,454.00</b>
<b>05</b>	<b>ESTACION REGULADORA DE PRESION</b>				
01	TUB. ACERO A795 RANURADA 6"	ML	1.00	103,251.00	103,251.00
02	ACCESORIO RANURADO 6"	UN	12.00	79,906.00	958,872.00
03	TUB. ACERO A795 RANURADA 4"	ML	2.00	83,304.00	166,608.00
04	ACCESORIO RANURADO 4"	UN	8.00	46,516.00	372,128.00
05	TUB. ACERO A795 RANURADA 2"	ML	2.00	41,338.00	82,676.00
06	ACCESORIO RANURADO 2"	UN	8.00	21,456.00	171,648.00
07	ACOPLE RANURADO 6"	UN	6.00	33,973.00	203,838.00
08	ACOPLE RANURADO 4"	UN	16.00	22,539.00	360,624.00
09	ACOPLE RANURADO 2"	UN	18.00	15,744.00	283,392.00
10	VALV. REGULADORA DE PRESION 4"	UN	1.00	5,192,828.00	5,192,828.00
11	VAL. MARIPOSA/DAMPER INDICAD 4"	UN	3.00	488,530.00	1,465,590.00
12	VAL. MARIPOSA/DAMPER INDICAD 6"	UN	1.00	596,142.00	596,142.00
13	VALV. REGULADORA DE PRESION 2"	UN	1.00	2,097,500.00	2,097,500.00
14	VAL. MARIPOSA/DAMPER INDICAD 2"	UN	2.00	345,870.00	691,740.00
15	MANOMETROS GLICERINA	UN	4.00	48,762.00	195,048.00



Código	Descripción	Und	Cantidad	Precio Unitario	Costo
16	200 PSI DIAL 2" VALV. DE ALIVIO 1"	UN	2.00	338,039.00	676,078.00
					<b>13,617,963.00</b>
<b>06</b>	<b>VALVULAS</b>				
01	SIAMESA 4 x 2-1/2 x 2-1/2"	UN	2.00	516,520.00	1,033,040.00
02	CHEQUE HIDRO RANURADO 4"	UN	2.00	352,008.00	704,016.00
03	VAL. MARIPOSA/DAMPER INDICAD 6"	UN	6.00	596,142.00	3,576,852.00
04	VAL. MARIPOSA/DAMPER INDICAD 2"	UN	17.00	345,870.00	5,879,790.00
05	CHEQUE HIDRO RANURADO 2"	UN	17.00	229,583.00	3,902,911.00
06	SENSOR DE FLUJO 2"	UN	17.00	404,217.00	6,871,689.00
07	VALV. DE ALIVIO 1/2"	UN	17.00	250,422.00	4,257,174.00
08	VALV. PRUEBA Y DRENAJE 2"	UN	17.00	575,375.00	9,781,375.00
09	MANOMETROS GLICERINA 200 PSI DIAL 2"	UN	21.00	48,762.00	1,024,002.00
10	STRAP RANURADO 2"	UN	17.00	14,247.00	242,199.00
11	VALV. BOLA PVC 1"	UN	4.00	114,449.50	457,798.00
12	VALV. EXPULSORA AIRE 1"	UN	4.00	94,148.00	376,592.00
13	M.O.CONEX. SIAMESA 4 x 2-1/2 x 2-1/2"	UN	2.00	197,493.00	394,986.00
					<b>38,502,424.00</b>
<b>07</b>	<b>ROCIADORES ZONAS COMUNES</b>				
01	PUNTO HIDRAULICO ROCIADOR 1/2"	UN	411.00	36,778.00	15,115,758.00
02	ROCIADOR 1/2" K=5.6 155/68 QR SC BR OCULTO PD	UN	79.00	34,510.00	2,726,290.00
03	ROCIADOR 1/2" K=5.6 155/68 QR SC BR UP	UN	332.00	20,276.00	6,731,632.00
04	M.O. CONEXIÓN ROCIADOR	UN	411.00	19,460.00	7,998,060.00
05	ESCUDO BLANCO PARA ROCIADOR OCULTO 1/2"	UN	79.00	16,198.00	1,279,642.00
06	ROCIADOR 1/2" K=5.6 155/68 QR SC BR OCULTO PD	UN	12.00	34,510.00	414,120.00
07	ROCIADOR 1/2" K=5.6 155/68 QR SC BR UP	UN	12.00	20,276.00	243,312.00
					<b>34,508,814.00</b>
<b>08</b>	<b>ROCIADORES APARTAMENTOS</b>				
01	PUNTO HIDRAULICO ROCIADOR 1/2"	UN	459.00	36,778.00	16,881,102.00
02	ROCIADOR 1/2" K=5.6 155/68 QR SC BR OCULTO PD	UN	459.00	34,510.00	15,840,090.00
03	M.O. CONEXIÓN ROCIADOR	UN	459.00	19,460.00	8,932,140.00

Código	Descripción	Und	Cantidad	Precio Unitario	Costo
04	ESCUDO BLANCO PARA ROCIADOR OCULTO ½"	UN	459.00	16,198.00	7,434,882.00
					<b>49,088,214.00</b>
<b>09</b>	<b>PINTURA TUBERÍA INCENDIO</b>				
01	PINTURA TUBERÍA INCENDIO 6"	ML	254.00	9,433.00	2,395,982.00
02	PINTURA TUBERÍA INCENDIO 4"	ML	21.00	7,835.00	164,535.00
03	PINTURA TUBERÍA INCENDIO 2"	ML	412.00	5,237.00	2,157,644.00
04	PINTURA TUBERÍA INCENDIO 1-1/4"	ML	977.00	4,013.00	3,920,701.00
05	PINTURA TUBERÍA INCENDIO 1"	ML	43.00	3,938.00	169,334.00
					<b>8,808,196.00</b>
<b>10</b>	<b>SOPORTES Y ABRAZADERAS</b>				
01	SOPORTE SISMORESISTENTE TRANSV. 2"	UN	52.00	84,379.00	4,387,708.00
02	SOPORTE SISMO RESISTENTE LONG. 2"	UN	30.00	101,464.00	3,043,920.00
03	SOPORTE SISMORESISTENTE CUATRO VIAS 6"	UN	10.00	245,103.00	2,451,030.00
04	ABRAZADERA UL 6"	UN	127.00	12,704.00	1,613,408.00
05	ABRAZADERA UL 4"	UN	11.00	9,331.00	102,641.00
06	ABRAZADERA UL 2"	UN	296.00	6,934.00	2,052,464.00
07	ABRAZADERA UL 1-1/2"	UN	408.00	6,966.00	2,842,128.00
08	ABRAZADERA UL 1-1/4"	UN	705.00	6,354.00	4,479,570.00
09	ABRAZADERA UL 1"	UN	303.00	6,190.00	1,875,570.00
	ABRAZADERAS ¾"	UN	250.00	5,418.00	1,354,500.00
					<b>24,202,939.00</b>
<b>11</b>	<b>CUARTO DE BOMBAS INCENDIO</b>				
01	PLACA ANTIVORTICE 6"	UN	1.00	219,688.00	219,688.00
02	NIPLE PASAMURO INOX. 6"	UN	1.00	901,340.00	901,340.00
03	NIPLE PASAMURO INOX. 2"	UN	1.00	194,514.00	194,514.00
04	PASES EN PVC 4"	UN	2.00	8,482.00	16,964.00
05	PASES EN PVC 2"	UN	1.00	6,316.00	6,316.00
06	TUB. ACERO SCH40 6"	ML	4.00	179,765.00	719,060.00
07	TUB. ACERO SCH40 6"	ML	22.00	179,765.00	3,954,830.00
08	TUB. ACERO SCH40 2"	ML	10.00	48,631.00	486,310.00
09	CODO RANURADO 6"	UN	1.00	73,695.00	73,695.00
10	CODO RANURADO 6"	UN	16.00	73,695.00	1,179,120.00
11	CODO RANURADO 2"	UN	8.00	23,602.00	188,816.00
12	TEE RANURADO 6"	UN	3.00	95,942.00	287,826.00
13	TEE MECANICA RANURADO 6"	UN	1.00	44,605.00	44,605.00

Código	Descripción	Und	Cantidad	Precio Unitario	Costo
14	TEE MECANICA RANURADO 6"	UN	1.00	44,605.00	44,605.00
15	REDUCCION RANURADO 6"	UN	1.00	53,226.00	53,226.00
16	REDUCCION RANURADO 2"	UN	1.00	18,160.00	18,160.00
17	BRIDA RANURADA 6"	UN	2.00	123,002.00	246,004.00
18	BRIDA RANURADA 4"	UN	1.00	96,442.00	96,442.00
19	BRIDA RANURADA 3"	UN	1.00	77,417.00	77,417.00
20	BRIDA RANURADA 2-1/2"	UN	2.00	65,653.00	131,306.00
21	BRIDA RANURADA 2"	UN	2.00	51,814.00	103,628.00
22	ACOPLE FLEXIBLE RANURADO 6"	UN	2.00	38,979.00	77,958.00
23	ACOPLE FLEXIBLE RANURADO 6"	UN	2.00	38,979.00	77,958.00
24	ACOPLE RANURADO 6"	UN	9.00	33,973.00	305,757.00
25	ACOPLE RANURADO 6"	UN	61.00	33,973.00	2,072,353.00
26	ACOPLE RANURADO 4"	UN	1.00	22,539.00	22,539.00
27	ACOPLE RANURADO 3"	UN	1.00	21,036.00	21,036.00
28	ACOPLE RANURADO 2"	UN	33.00	15,744.00	519,552.00
29	ACOPLE RANURADO 1-1/2"	UN	2.00	13,817.00	27,634.00
30	ACOPLE REDUCIDO RANURADO 2-1/2"	UN	2.00	27,740.00	55,480.00
31	COPA EXCENTRICA 6"	UN	1.00	133,991.00	133,991.00
32	COPA EXCENTRICA 2"	UN	1.00	102,858.00	102,858.00
33	VALV. OS&Y VAST. ASC. 6"	UN	1.00	2,296,775.00	2,296,775.00
34	VALV. OS&Y VAST. ASC. 2-1/2"	UN	1.00	819,165.00	819,165.00
35	VAL. MARIPOSA/DAMPER INDICAD 6"	UN	5.00	596,142.00	2,980,710.00
36	VAL. MARIPOSA/DAMPER INDICAD 2"	UN	2.00	345,870.00	691,740.00
37	CHEQUE HIDRO RANURADO 6"	UN	1.00	624,753.00	624,753.00
38	CHEQUE HIDRO RANURADO 2"	UN	1.00	229,583.00	229,583.00
39	MANOMETROS GLICERINA 200 PSI DIAL 2"	UN	4.00	48,762.00	195,048.00
40	CABEZAL DE PRUEBA 6 x 3 x 2-1/2"	UN	1.00	1,197,757.40	1,197,757.40
41	CAUDALIMETRO UL/FM RANURADO 6"	#N/A	1.00	NO SE COTIZA (ESTA EN EQUIPO)	
42	VALVULA DE ALIVIO UL/FM RANURADO 6"	#N/A	1.00	NO SE COTIZA (ESTA EN EQUIPO)	
43	CONO VISOR UL/FM RANURADO 6"	#N/A	1.00	NO SE COTIZA (ESTA EN EQUIPO)	
44	ABRAZADERA UL 6"	UN	16.00	12,704.00	203,264.00
45	ABRAZADERA UL 2"	UN	12.00	6,934.00	83,208.00
46	SOPORTE SISMORESISTENTE TRANSV. 6"	UN	1.00	118,076.00	118,076.00
47	SOPORTE SISMO RESISTENTE	UN	1.00	127,766.00	127,766.00

Código	Descripción	Und	Cantidad	Precio Unitario	Costo
48	LONG. 6" PINTURA TUBERÍA INCENDIO 6"	ML	4.00	9,433.00	37,732.00
49	PINTURA TUBERÍA INCENDIO 6"	ML	22.00	9,433.00	207,526.00
50	PINTURA TUBERÍA INCENDIO 2"	ML	10.00	5,237.00	52,370.00
51	LINEA DE SENSADO	UN	2.00	315,903.00	631,806.00
52	M.O. CONEX. BOMBA PRINCIPAL	UN	1.00	1,458,001.00	1,458,001.00
53	M.O. CONEX. BOMBA JOCKEY	UN	1.00	522,073.00	522,073.00
					<b>24,938,341.40</b>
<b>12</b>	<b>OBRAS COMPLEMENTARIAS</b>				
01	ELABORACION PLANOS RECORD	UN	20.00	10,133.00	202,660.00
02	ELABORACION MANUAL DE OPERACIÓN Y MTTO	GL	1.00	759,945.00	759,945.00
					<b>962,605.00</b>
<b>SUBTOTAL PRESUPUESTO</b>					<b>413,711,320.60</b>
ADMINISTRACION			11.0%		45,508,245.27
IMPREVISTOS			4.0%		16,548,452.82
UTILIDAD			5.0%		20,685,566.03
IVA SOBRE UTILIDAD			19.0%		3,930,257.55
<b>TOTAL PRESUPUESTO</b>					<b>500,383,842.27</b>

Nota: Los costos acá reportados incluyen lo asociado con la mano de obra requerida para la actividad. No se incluye el costo del equipo de bombeo ya que no es objeto de comparación (120 millones aproximadamente)

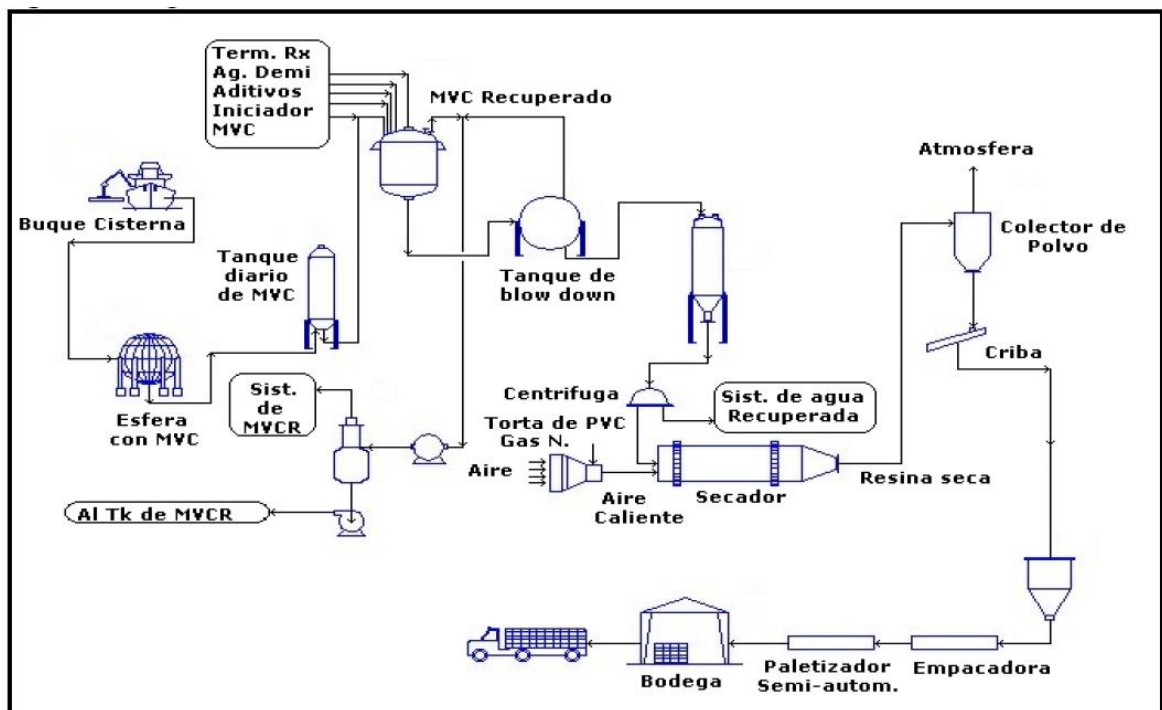
### 6.3 CONSIDERACIONES AMBIENTALES

Para evaluar el impacto ambiental afines comparativos del uso de la tubería de

acero versus la tubería de CPVC (referenciada como PVC), en este proyecto se analizó la etapa de fabricación del ciclo de vida de cada uno de estos materiales, tal y como se presenta a continuación:

A manera general, la obtención y fabricación del policloruro de vinilo (PVC) por vía petroquímica, se realiza por cracking térmico del dicloroetano. Las materias primas utilizadas en su fabricación son: el cloro, el etileno, el oxígeno. En la siguiente imagen se presenta el diagrama general de la obtención de resinas de PVC.

**Imagen 5.** Proceso productivo del PVC

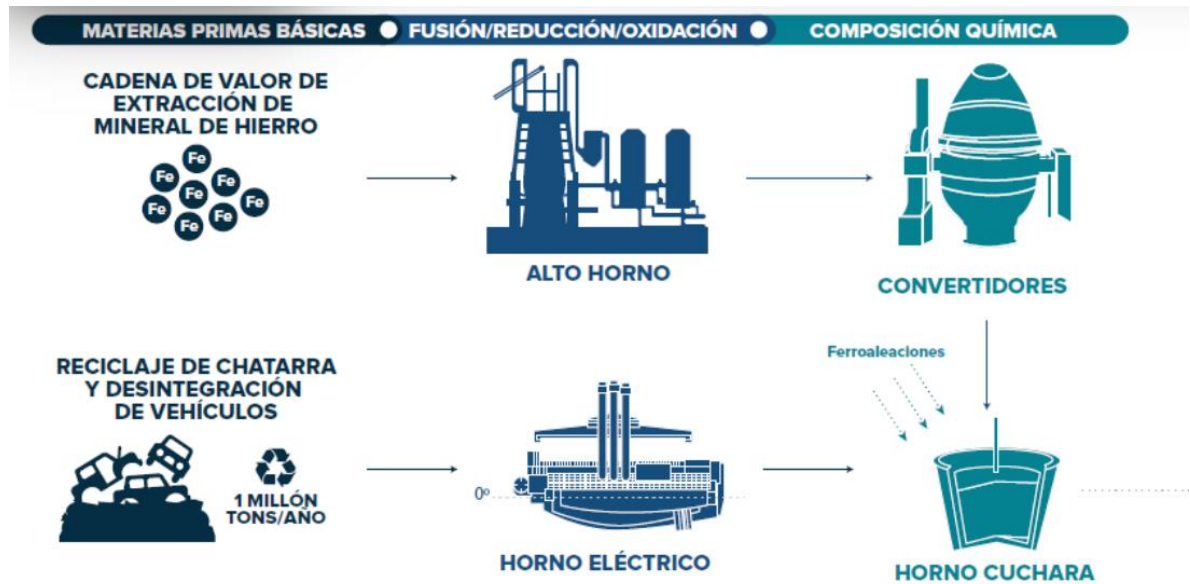


**Fuente:** Galé Zabaleta, María Teresa. Paredes Morelo, Keissy Margarita. Evaluación del impacto ambiental al aire asociado a la producción de resinas de PVC y PP, para un caso de estudio colombiano. 2014.

Por otro lado, la fabricación del acero corresponde básicamente a un proceso siderúrgico que puede ser de dos sistemas: mediante horno alto en donde las materias primas principalmente corresponden al mineral del hierro y el carbón

(Industria Siderúrgica Integrada); o con horno eléctrico que usa la chatarra reciclada y el carbón (Industria Siderúrgica Semi-Integrada), tal y como se muestra en la siguiente imagen.

**Imagen 6.** Proceso productivo del acero



**Fuente:** ANDI. Asociación Nacional de Empresarios de Colombia. Comité Colombiano de Productores de Acero. C. Proceso siderúrgico en Colombia. [Consultado: 21 de junio de 2021]. Disponible en: <http://www.andi.com.co/Home/Camara/6-comite-colombiano-de-productores-de-acero>.

Con base en lo anterior, seguidamente se presente el análisis ambiental de la producción de estos dos materiales, a partir del consumo de energía, emisiones generadas y requerimientos de agua de cada proceso.

Respecto al consumo de energía se tiene que para el PVC se requiere de 7,19 kWh / kg a partir de lo establecido por Baldasano, J.M y Parra, R<sup>29</sup>; mientras que

<sup>29</sup> Baldasano, J.M., Parra, R. Estimación del consumo energético y de la emisión de CO<sub>2</sub> asociados a la producción unitaria de PVC. Estudio de la planta de Hispavic - Vinilis en Martorell (España). Informe: PVC-Fab-200501- 1, Enero, 28 pp. 2005.

para el acero es de 6,70 kWh / kg según lo mencionado por la EPA<sup>30</sup>; lo anterior permite evidenciar que la fabricación de acero es más amigable ambientalmente desde este aspecto.

Con relación a las emisiones atmosféricas se tienen los siguientes datos de referencia: Recio, Jose María<sup>31</sup> menciona que la emisión de CO<sub>2</sub> para una tubería de 3m de PVC para transportar agua potable, con un diámetro nominal de 110 mm (sin utilizar PVC reciclado): 16,1 Kg; y emisión de CO<sub>2</sub> para una tubería de 3m de hierro dúctil (misma materia prima que para el acero) para transportar agua potable, con un diámetro nominal de 125 mm (sin utilizar material reciclado): 138,1 Kg; de lo anterior, la menor emisión durante su fabricación, corresponde al PVC.

Finalmente, al analizarse el consumo de agua en el proceso de fabricación de ambos materiales, se tiene que para fabricar una tonelada de PVC se consume 679 toneladas (679.000m<sup>3</sup>) de agua; mientras que para una tonelada de acero, tan solo es necesario 46 toneladas (46.000m<sup>3</sup>) de agua, siendo esta la condición ambientalmente favorable.

---

<sup>30</sup> EPA. About Brefs. Environmental Protection Agency. (<http://www.epa.ie/Licensing/IPPCLicensing/BREFDocuments/>), diciembre de 2004.

<sup>31</sup> Recio, José María. Baldasano, et al. Estimate of energy consumption and CO<sub>2</sub> emission associated with the production, use and final disposal of PVC, HDPE, PP, ductile iron and concrete pipes. *Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya*, 2005.

## 7. ANÁLISIS DE RESULTADOS

A partir de los resultados obtenidos, a continuación, se realiza el análisis de los mismos con un enfoque comparativo, para al final de este capítulo desarrollar una evaluación cuantitativa y determinar cuál es la opción más favorable para el proyecto:

### 7.1 ANÁLISIS DE LOS DISEÑOS HIDRÁULICOS

En la siguiente tabla, se presentan los principales resultados del diseño hidráulico según el tipo de tubería que se vaya a usar. En negrilla se resalta el criterio diferenciador que permite conocer cuál es la condición más favorable a implementar desde esta variable:

**Tabla 24.** Comparación desde la variable de diseño hidráulico entre las tuberías de acero y CPVC para el edificio L7-86- red contraincendio

Planta	Red en acero	Red en CPVC
Sótano	<ul style="list-style-type: none"> <li>El dimensionamiento de tuberías en acero carbono junto con dispositivos de descarga garantiza la mínima tasa de aplicación y presión mínima de operación para el sistema de rociadores automáticos según NFPA 13.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El dimensionamiento de tuberías en CPVC junto con dispositivos de descarga garantiza la mínima tasa de aplicación y presión mínima de operación para el sistema de rociadores automáticos según NFPA 13.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Con base en los requisitos del sistema contra incendio establecido en sistema de mangueras y sistema de rociadores (638,82 gpm), se concluye que una bomba contra incendio de capacidad nominal 500gpm@150psig puede suplir los requerimientos del sistema operando al 127%, punto de sobrecarga.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Con base en los requisitos del sistema contra incendio establecido en sistema de mangueras y sistema de rociadores (640,25 gpm), se concluye que una bomba contra incendio de capacidad nominal 500gpm@150psig puede suplir los requerimientos del sistema operando al 128%, punto de sobrecarga.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>De acuerdo con el caudal entregado por la simulación hidráulica (638,82 gpm), el</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>De acuerdo con el caudal entregado por la simulación hidráulica (640,25 gpm), el consumo en sistema de mangueras es</b></li> </ul>



Planta	Red en acero	Red en CPVC
	consumo en sistema de mangueras es de 253.34 gpm y para el sistema de rociadores es de 385,48 gpm.	de 253,88 gpm y para el sistema de rociadores es de 386,37 gpm.
	<ul style="list-style-type: none"> <li>La presión de descarga desfavorable del sistema de rociadores es de 9,72 psi. Cumple con el requerimiento de 7,0 psi en la presión de descarga más desfavorable según NFPA 13.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>La presión de descarga desfavorable del sistema de rociadores es de 9,76 psi. Cumple con el requerimiento de 7,0 psi en la presión de descarga más desfavorable según NFPA 13.</b></li> </ul>
Piso 13	<ul style="list-style-type: none"> <li>El dimensionamiento de tuberías en acero carbono junto con dispositivos de descarga garantiza la mínima tasa de aplicación y presión mínima de operación para el sistema de rociadores automáticos según NFPA 13.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El dimensionamiento de tuberías en CPVC junto con dispositivos de descarga garantiza la mínima tasa de aplicación y presión mínima de operación para el sistema de rociadores automáticos según NFPA 13.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Con base en los requisitos del sistema contra incendio establecido en sistema de mangueras y sistema de rociadores (354,26 gpm), se concluye que una bomba contra incendio de capacidad nominal 500gpm@150psig puede suplir los requerimientos del sistema.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Con base en los requisitos del sistema contra incendio establecido en sistema de mangueras y sistema de rociadores (393,02 gpm), se concluye que una bomba contra incendio de capacidad nominal 500gpm@150psig puede suplir los requerimientos del sistema.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>De acuerdo con el caudal entregado por la simulación hidráulica (354,26 gpm), el consumo en sistema de mangueras es de 100.00 gpm y para el sistema de rociadores es de 254,26 gpm.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>De acuerdo con el caudal entregado por la simulación hidráulica (393,02 gpm), el consumo en sistema de mangueras es de 100.35 gpm y para el sistema de rociadores es de 292,67 gpm.</b></li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>La presión de descarga desfavorable del sistema de rociadores es de 7,18 psi. Cumple con el requerimiento de 7,0 psi en la presión de descarga más desfavorable según NFPA 13.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>La presión de descarga desfavorable del sistema de rociadores es de 11,89 psi. Cumple con el requerimiento de 7,0 psi en la presión de descarga más desfavorable según NFPA 13.</b></li> </ul>

A partir de la tabla anterior, se puede concluir que la red contraincendios con ambos tipos de material, cumple con las especificaciones técnicas definidas en la normativa aplicable. Sin embargo a nivel de caudal entregado, como presión de descarga desfavorable (teniendo el mismo sistema de bombeo), la red en CPVC

tanto para el sótano como para el piso 13, aporta un mayor valor (menores pérdidas asociadas con el coeficiente de rugosidad) con una mínima diferencia respecto al acero al carbón; lo cual se considera ventajoso para el sistema y bajo el ejercicio de la presente comparación.

## **7.2 ANÁLISIS DE PRESUPUESTO**

Con base en los valores presentados en la Tabla 22 y Tabla 23, se tiene que el costo de la construcción e instalación de la red contraincendio de edificio L7-86 en CPVC es de **\$500,383,842.27 COP**, y en acero al carbón de **\$463,601,778.65 COP**. De acuerdo con lo anterior, se considera más viable a nivel de presupuesto, el uso de acero al carbón.

## **7.3 ANÁLISIS AMBIENTAL**

A partir de la información presentada en el numeral 6.3 de este documento, se tiene que la fabricación del acero genera un menor impacto ambiental respecto a la producción del PVC en lo que respecta al consumo de energía y de agua; caso contrario con relación a la generación de emisiones atmosféricas, en donde se observa que para el PVC hay una menor emanación de CO<sub>2</sub> al ambiente. A partir de lo anterior, se prioriza el uso del acero; sin embargo se debe garantizar un adecuado control y mecanismo de manejo de las emisiones atmosféricas en la producción de este material, a fin de reducir el impacto ambiental ocasionado.

## **7.4 ANÁLISIS COMPARATIVO FINAL**

Con el objeto de poder comparar y determinar cuál es la opción más favorable para la construcción e instalación de la red contraincendios en el edificio L7-86 en la ciudad de Bogotá, ya sea usando tubería en acero o tubería en CPVC, fue necesaria la definición de tres variables de interés, a las que se les asignó un peso

de 0 a 100, siendo 100 la suma de las tres y se calificó para cada una de las opciones entre 0 a 5, así:

**Diseño hidráulico:** Si bien, para ambos diseños se debe dar cumplimiento a la normatividad aplicable y vigente, desde el diseño hidráulico se toma como la condición más favorable la red que tenga una mayor oferta de agua en volumen y presión de descarga en los rociadores. Este criterio corresponde al 20% de la calificación total.

**Presupuesto:** Se considera como el criterio más importante en esta evaluación comparativa, y la condición más favorable corresponde a la red que tenga un menor costo respecto a su presupuesto. Este criterio tiene un peso del 60% en la calificación total.

**Análisis ambiental:** Una alternativa se considera viable en la medida en que su impacto ambiental sea menor; de esta manera, y a partir de información secundaria existente del proceso productivo tanto del acero como del CPVC, se tiene que la condición más favorable corresponde al uso del acero, ya que para su fabricación se requiere menor cantidad de energía y agua; sin embargo genera mayores emisiones de CO<sub>2</sub> las cuales deben tener un adecuado sistema de manejo y control en su descarga a la atmósfera. Este criterio corresponde al 20% de la calificación total.

De acuerdo con las variables descritas anteriormente, a continuación, se presenta la calificación de cada una de ellas y la conclusión de la recomendación que se da en este proyecto:

**Tabla 25.** Calificación y comparación final de las variables a tener en cuenta para la construcción e instalación de la red contraincendio del edificio L7-86- en CPVC y acero

<b>Variable</b>	<b>Peso de la variable</b>	<b>Calificación CPVC</b>	<b>Calificación acero</b>	<b>Justificación de la calificación</b>
Diseño hidráulico	20%	5	4	Si bien el CPVC es más favorable, los valores de presión y caudal mayores suministrados, no son muy diferentes respecto al acero; igualmente se cumple con la normativa.
Presupuesto	60%	3	5	Aunque el acero es más económico el CPVC tiene un costo mayor del 8% aproximadamente, por lo cual su diferencia no es extrema.
Ambiental	20%	3	4	Siendo el acero al carbón el más favorable, el PVC no es el material que tenga una mayor demanda de agua, energía y materiales para su fabricación, por ello a nivel de menor impacto no se lleva al límite inferior.
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>	<b>3.4</b>	<b>4.6</b>	

De acuerdo con la tabla 25, de donde inicialmente se generó una escala de 0 a 5 para comparar cualitativamente la mejor opción para la red contraincendios del edificio L7-86, se tiene que es más favorable la construcción e instalación de la misma en acero al carbón, principalmente por temas presupuestales y de menor impacto ambiental.

## 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A partir de los objetivos planteados para el presente proyecto, a continuación, se tienen las principales conclusiones y recomendaciones generadas, para la construcción e instalación de la red contraincendios del edificio L7-86 en la localidad de Chapinero, de la ciudad de Bogotá, departamento de Cundinamarca:

Dando alcance a la normatividad vigente y aplicable al presente proyecto, se diseñó el sistema contra incendios, en donde para el uso de ambas tuberías (CPVC como acero al carbón), se requiere una bomba con capacidad nominal 500gpm@150psig.

Respecto al diseño en CVPC para el sótano según el caudal entregado por la simulación hidráulica (638,82 gpm), el consumo en sistema de mangueras es de 253.34 gpm y para el sistema de rociadores es de 385,48 gpm; así mismo, la presión de descarga desfavorable del sistema de rociadores es de 9,72 psi. Cumple con el requerimiento de 7,0 psi en la presión de descarga más desfavorable según NFPA 13. Para el piso 13 según el caudal entregado por la simulación hidráulica (354,26 gpm), el consumo en sistema de mangueras es de 100.00 gpm y para el sistema de rociadores es de 254,26 gpm; así mismo, la presión de descarga desfavorable del sistema de rociadores es de 7,18 psi. Cumple con el requerimiento de 7,0 psi en la presión de descarga más desfavorable según NFPA 13.

Con relación al diseño en acero al carbón para el sótano a partir del caudal entregado por la simulación hidráulica (640,25 gpm), el consumo en sistema de mangueras es de 253,88 gpm y para el sistema de rociadores es de 386,37 gpm; así mismo, la presión de descarga desfavorable del sistema de rociadores es de 9,76 psi. Cumple con el requerimiento de 7,0 psi en la presión de descarga más

desfavorable según NFPA 13. Para el piso 13 según el caudal entregado por la simulación hidráulica (393,02 gpm), el consumo en sistema de mangueras es de 100.35 gpm y para el sistema de rociadores es de 292,67 gpm; así mismo, la presión de descarga desfavorable del sistema de rociadores es de 11,89 psi. Cumple con el requerimiento de 7,0 psi en la presión de descarga más desfavorable según NFPA 13.

El presupuesto para la construcción e instalación de las redes a partir de los diseños hidráulicos obtenidos es para CPVC de **\$500,383,842.27 COP**, y para acero al carbón de **\$463,601,778.65 COP**.

Respecto al impacto ambiental del uso del CPVC versus del acero al carbón, se tiene que la fabricación de una tonelada PVC tiene un mayor requerimiento de energía y materiales (17.3 toneladas) y agua (670 toneladas), respecto al acero, el cual demanda 5.9 toneladas de energía y materiales, y 46 toneladas de agua.

Se recomienda la construcción e instalación de la red contraincendio en acero al carbón, teniendo presente que a partir del análisis comparativo multivariable realizado, ésta es más favorable con relación al CPVC, el cual aunque es una nueva tecnología en el mercado y como ventaja hidráulica aporta unas menores pérdidas asociado a su coeficiente de rugosidad; a su vez es más costosa y genera un mayor impacto ambiental.

Aunque para el presente proyecto se generó una recomendación favorable hacia el acero versus el CPVC, para cada caso en específico se debe realizar la evaluación correspondiente, ya que existe un sinnúmero de ventajas del CPVC, que pueden estar asociadas a edificaciones de menor tamaño y de uso residencial.

## BIBLIOGRAFÍA

Alcaldía de Manizales. Mujer y Equidad de Género. Código Postal: 170001. Publicado en los 2020 derechos reservados. Disponible en: <https://manizales.gov.co/historia/>

Arango Carrillo, Jeison. Gonzalez Rojas, Nelson Eduardo. Vargas Guativa. Javier Andrés. Estudio y diseño de red contra incendios en el edificio principal de la Universidad Cooperativa de Colombia campus Villavicencio – Meta, comprendido en dos fases (fase de estudios preliminares abril-julio 2019; fase de diseño agosto-noviembre 2019). 29 junio 2019.

Baldasano, J.M., Parra, R. Estimación del consumo energético y de la emisión de CO<sub>2</sub> asociados a la producción unitaria de PVC. Estudio de la planta de Hispavic - Vinilis en Martorell (España). Informe: PVC-Fab-200501- 1, Enero, 28 pp. 2005.

Beltrán Castellanos, Nicolás. Elevador de tuberías de red contraincendios. 9 junio 2020. 45 páginas.

Blanco Duarte, Miguel Ángel. Martínez Jamaica, Jeyson Fernando. Guía para el diseño de sistemas de protección contra incendios, enfocada en redes internas de edificaciones.2016.

BLAZEMASTER. Especificación de los sistemas de protección contra incendios Blazemaster. Derechos Reservados 2021 Lubrizol Advanced Materials, Inc. Disponible en: <https://www.blazemaster.com/es-mx/especificacion>

Decreto 2340 De 1997. "Por el cual se dictan unas medidas para la organización en materia de prevención y mitigación de incendios forestales y se dictan otras

disposiciones". Disponible en: [http://www.ideam.gov.co/documents/24024/36843/dec\\_2340\\_190997.pdf/2b16e527-603e-4af9-bab5-d1907fe47a1a](http://www.ideam.gov.co/documents/24024/36843/dec_2340_190997.pdf/2b16e527-603e-4af9-bab5-d1907fe47a1a)

Díaz Mora, Andrés. Fanchi López, Daniel. Miranda Bautista, Cesar. Perfil logístico del Acero en Colombia. 2014.

DURMAN. Manual de instalación tubería Blazemaster

EPA. About Brefs. Environmental Protection Agency. (<http://www.epa.ie/Licensing/IPPCLicensing/BREFDocuments/>, diciembre de 2004.

Garzón Delgadillo, Paula Andrea. Cifuentes Medina, David. Diseño de una red contra incendios para las instalaciones de la empresa Textil Ritchi S.A.S, 05 febrero 2020.

Galé Zabaleta, María Teresa. Paredes Morelo, Keissy Margarita. Evaluación del impacto ambiental al aire asociado a la producción de resinas de PVC y PP, para un caso de estudio colombiano. 2014.

Gómez Sánchez, Miguel Ángel. Martínez Sierra, Miguel Ángel. Actividades de construcción en la etapa de red contra incendios para instituciones militares. 31 agosto 2018..

Hernández de Alba, Guillermo. La desgraciada suerte del archivo de la ciudad de Bogotá. 1967.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS ICONTEC. ISO 14040 Gestión ambiental — Análisis del ciclo de vida — Principios y marco de referencia. 2006.



INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS ICONTEC. Norma para instalación de conexiones de mangueras contra incendio NCT 1669. 30 septiembre de 2009.

Jiménez Flores, Gustavo Andrés. Análisis de los sistemas electrónicos de alarma, detección y extinción automática de incendios en las nuevas edificaciones multiusos en Colombia. 15 diciembre de 2015.

NFPA 10. National Fire Protection Association. Standard for portable fire extinguishers. 2018.

NFPA 13. National Fire Protection Association. Standard for the installation of sprinkler systems. 2019.

NFPA 14. National Fire Protection Association. Standard for the installation of standpipe and hose systems. 2019.

NFPA 20. National Fire Protection Association. Standard for the installation of stationary pumps for fire protection. 2019.

NFPA 22. National Fire Protection Association. Standard for water tanks for private fire protection. 2018.

NFPA 24. National Fire Protection Association. Standard for the installation of private fire service mains and their appurtenances. 2007.

NFPA 25. National Fire Protection Association. Standard for the inspection, testing, and maintenance of water-based fire protection system. 2020.

NFPA 30. National Fire Protection Association. Flammable and combustible

liquids code. 2021.

NSR 10. Reglamento colombiano de construcción sismo-resistente, Títulos J y K. 2013.

Páez Escobar Gustavo. Memoria del fuego. Diario El Espectador. 19 Julio 2003.

Recio José María Baldasano, et al. Estimate of energy consumption and CO2 emission associated with the production, use and final disposal of PVC, HDPE, PP, ductile iron and concrete pipes. *Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya*, 2005.

Recio José María Baldasano; Vargas Violeta. Análisis del consumo energético y la emisión de CO2 asociados al ciclo de vida de ventanas de PVC, Aluminio y Madera mediante su ACV.

Sotelo Calderón, Miguel Ángel. Diseño conceptual del sistema hidráulico de protección contra incendios para la universidad católica de Colombia sede el Claustro en la ciudad de Bogotá. 2014. 38 páginas.

UNIONPEDIA. Edificio Manuel Murillo Toro. Comunicación. Mapa conceptual. Disponible en. [https://es.unionpedia.org/Edificio\\_Manuel\\_Murillo\\_Toro](https://es.unionpedia.org/Edificio_Manuel_Murillo_Toro)

Usón, A. A., Usón, J. A. A., & Bribián, I. Z. . Ecodiseño y análisis de ciclo de vida (Vol. 178). Universidad de Zaragoza. 2010.

Velásquez, Serrato. Claudia Carolina. Actualización de la red contra incendio del Centro Empresarial Chico 4000. 28 noviembre de 2018.